

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 2 (2021)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация научных исследований по широкому спектру проблем в области металлургии,
машиностроения, транспорта, строительства, химической и нефтегазовой инженерии,
производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/FUTF8491>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,344

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич - к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна - к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Зарубежные члены редакционной коллегии:
Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Исаева КуралайСметкановна Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

МАЗМҰНЫ

МАШИНА ЖАСАУ

Кенжанова М. М., Мустафин А. Х., Сейтенова Г. Ж., Какенова А. С.
 Горизонталды реактордың техникалық жағдайы мен араластыру білігінің беріктігін жоғарлатуды бағалау 9

Шулятьев В. Б., Маликов А. Г.
 Материалдың қарқынды булануы жағдайында авиациялық алюминий қорытпаларын лазерлік кесу 15

Годына Н. Н., Деревягин С. И., Стаценко С. А.
 Күштік тұйықталу әсерінен бөлшектердің өзара орналасу қателігін қалыптастыру 30

Базенов Ф. М.
 Қазіргі заманғы машина жасауда гидроабразиялық өңдеуді қолдану мәселесіне 39

МЕТАЛЛУРГИЯ

Суханова Ж. Г., Шабенов К. К.
 ТШХН-50 шойынынан құймаларды өндіру 48

Болатұлы Ә., Богомоллов А. В.
 «Суздальское» кенінің сульфидті резистентті русының биоксидтеу технологиясының ерекшеліктері 58

Чайкин В. А., Чайкин А. В.
 Болатты диффузиялық кесуге арналған материалдар 67

Быков П. О., Куандықов А. Б., Жунусов А. К., Түсіпбекова М. Ж., Абсолямова Д. Р.
 Құрамында бор бар алюминий шикізаттарын тазарту 77

АЗЫҚ-ТҮЛІК ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУ

Утарова Н. Б., Нуртаева А. Б., Какимов М. М., Акшораяева Г. Д.
 Глютенсіз нан өнімдерінің технологиясын жетілдіру жолдары 85

Какимов М. М., Тоқышева Г. М., Мақанғали Қ. Қ.
 Қазақстан Республикасында ешкі етін өңдеуді дамыту перспективалары 95

Мироненко И. М.
 Термоқышқылды табиғи мәйекті ірімшіктерді өндіру технологиясының ерекшеліктері 101

Смагулова З. Т.
 Қайталама сүт шикізатынан жасалған ақуызы жоғары азықтық қоспа технологиясын әзірлеу 109

ҚҰРЫЛЫС

Жолдасова А. Т. Microsoft project бағдарламасы арқылы құрылысты бақылау	120
Аятова Ә. Ж. Алюмосиликатты микросфераларды пайдалана отырып, жақсартылған жылу оқшаулау қасиеттері бар қабырғалық қуыс тастар.....	128
Котова М. И., Ыбыраева Е. М., Украинец А. В. Жылжымалы периодты жүктеме әсерінен тоннель тереңдігінің оның кернеулі-деформациялық күйіне әсер	136
Ыдырысов Ф. Б. Таяз іргетастарды оқшаулау.....	147
Станевич В. Т., Кудрышова Б. Ч., Даиров Д. К. Органикалық және минералды компоненттерге негізделген композициялық материалдарды қолдану тәжірибесі	153
Ыдырысов Ф. Б. Ұсақ тереңдетілген іргетастың жылу оқшаулағышы	160

КӨЛІК ЖАСАУ

Сулейменов А. Д., Муканов Р. Б., Сембаев Н. С., Зарипов Р. Ю., Имангазинова Д. Б. Жол құрылысындағы инновациялық шарлы диірмен.....	166
Шалабаева М. Қ., Абуова А. К. «Қоршаған орта – апатты жағдай объектісі» жүйесінің қауіпсіз жағдайын қалпына келтіру процестерінің моделі	173
Балабаев О. Т., Аскароев Б. Ш., Арынеазы Г., Қайырбеков С. Е., Ахеев А. А. «Қарағанды-Сұрыптау» теміржол станциясындағы вагон ағынын талдау	183
Сахиев А. А., Даххам А. Қысқы ауа-райының қауіпсіз шинасының моделін жасау	192

ХИМИЯ, МҰНАЙ-ГАЗ ИНЖЕНЕРИЯСЫ

Масакбаева С. Р., Жетубаева Н. К., Несмеянова Р. М., Ковтарева С. Ю. Мұнай коксын ванадийден тазарту жолдары	199
Слямев Е. Ж., Масакбаева С. Р. «Компания Нефтехим ЛТД» ЖШС жағдайында полипропиленді полимерлеуге титан-магний катализаторының әсері.....	206
Авторлар туралы ақпарат	217
Авторларға арналған ережелер.....	228
Жарияланым этикасы.....	238

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Кенжанова М. М., Мустафин А. Х., Сейтенова Г. Ж., Какенова А. С.
 Оценка технического состояния горизонтального реактора
 и повышения надежности вала мешалки..... 9

Шулятьев В. Б., Маликов А. Г.
 Лазерная резка авиационных алюминиевых сплавов
 в условиях интенсивного испарения материала 15

Годына Н. Н., Деревягин С. И., Стаценко С. А.
 Формирование погрешности взаимного расположения
 деталей при их сопряжении под действие силового замыкания..... 30

Базенов Г. М.
 К вопросу применения гидроабразивной обработки
 в современном машиностроении 39

МЕТАЛЛУРГИЯ

Суханова Ж. Г., Шабенов К. К.
 Производство отливок из чугуна ТШХН-50..... 48

Болатулы А., Богомолов А. В.
 Особенности технологии биоокисления сульфидных упорных руд
 месторождения «Суздальское» 58

Чайкин В. А., Чайкин А. В.
 Материалы для диффузионного раскисления стали..... 67

**Быков П. О., Куандыков А. Б., Жунусов А. К.,
 Тусупбекова М. Ж., Абсолямова Д. Р.**
 Рафинирование алюминия – сырца борсодержащими материалами 77

ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Утарова Н. Б., Нуртаева А. Б., Какимов М. М., Акшораяева Г. Д.
 Способы улучшения технологии безглютенового хлеба..... 85

Какимов М. М., Токышева Г. М., Макангали К. К.
 Перспективы развития переработки козлятины в Республике Казахстан..... 95

Мироненко И. М.
 Особенности технологии производства
 термокислотных натуральных сычужных сыров 101

Смагулова З. Т.
 Разработка технологии высокобелковой кормовой смеси
 из вторичного молочного сырья 109

СТРОИТЕЛЬСТВО

Жолдасова А. Т.	
Мониторинг строительства с помощью программы Microsoft Project.....	120
Аятова А. Ж.	
Стеновые пустотелые камни с улучшенными теплоизоляционными свойствами с использованием алюмосиликатных микросфер	128
Котова М. И., Ибраева Е. М., Украинец А. В.	
Влияние глубины заложения тоннеля на его напряженно-деформированное состояние при действии движущейся периодической нагрузки	136
Идрисов Г. Б.	
Утепление мелкозаглубленных фундаментов	147
Станевич В. Т., Кудрышова Б. Ч., Даиров Д. К.	
Опыт применения композиционных материалов на основе органических и минеральных компонентов	153
Идрисов Г. Б.	
Теплоизоляция мелкозаглубленного фундамента.....	160

ТРАНСПОРТ

Сулейменов А. Д., Муканов Р. Б., Сембаев Н. С., Зарипов Р. Ю., Имангазинова Д. Б.	
Инновационная шаровая мельница в дорожном строительстве	166
Шалабаева М. Х., Абуова А. К.	
Модель процессов восстановления безопасного состояния системы «Окружающая среда-аварийный объект»	173
Балабаев О. Т., Аскарров Б. Ш., Арынгазы Г., Қайырбеков С. Е., Ахеев А. А.	
Анализ вагонопотоков на железнодорожной станции «Қарағанды-Сұрыптау».....	183
Сахиев А. А., Даххам А.	
Разработка модели зимней всепогодной безопасной шины	192

ХИМИЧЕСКАЯ, НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Масакбаева С. Р., Жетубаева Н. К., Несмеянова Р. М., Ковтарева С. Ю.	
Методы снижения содержания ванадия в нефтяном коксе.....	199
Слямов Е. Ж., Масакбаева С. Р.	
Влияние титаномагниевого катализатора на полимеризацию полипропилена в условиях ТОО «Компания Нефтехим LTD».....	206
Сведения об авторах.....	217
Правила для авторов	228
Публикационная этика	238

CONTENTS

MECHANICAL ENGINEERING

Kenzhanova M. M., Mustafin A. H., Seitenova G. Zh., Kakenova A. S. Evaluation of the technical condition of the horizontal reactor and improving the reliability of the agitator shaft	9
Shulyatyev V. B., Malikov A. G. Laser cutting of aviation aluminum alloys under conditions of intensive evaporation of the material.....	15
Godyna N. N., Derevyagin S. I., Statsenko S. A. Formation of parts mutual positioning error in their mating under the action of force closure	30
Bazenov G. M. On the issue of the use of waterjet treatment in modern mechanical engineering...	39

METALLURGY

Suhanova Zh. G., Shabenov K. K. Production of cast iron TSHCHN-50.....	48
Bolatuly A., Bogomolov A. V. Specific features of the «Suzdalskoe» deposit sulfide resistant ore biooxidation technology	58
Chaikin V. A., Chaikin A. V. Materials for steel diffusion deoxidation	68
Bykov P. O., Kuandykov A. B., Zhunusov A. K., Tussupbekova M. Zh., Absolyamova D. R. Refining of raw aluminum with boron-containing materials	77

FOOD PRODUCTION

Utarova N. B., Nurtayeva A. B., Kakimov M. M., Akshorayeva G. D. Methods of i gluten-free bread technologies mprovement	85
M. M. Kakimov, G. M. Tokysheva, K. K. Makangali Prospects for the development of goat meat processing in the Republic of Kazakhstan	95
Mironenko I. Features of the production technology of thermoacid natural rennet cheeses.....	101
Smagulova Z. Development of high-protein feed mixture technology from secondary dairy raw materials.....	109

CONSTRUCTION

Zholdassova A. N. Construction monitoring using the Microsoft Project program.....	120
--	-----

Ayatova A. Zh.

Hollow wall stones with improved thermal insulation properties
with the use of aluminosilicate microspheres 128

Kotova M. I., Ibrayeva Ye. M., Ukrainets A. V.

Influence of the tunnel depth on its stress-strain state
under the action of a moving periodic load..... 136

Idrissov G. B.

Insulation of shallow foundations..... 147

Stanevich V. T., Kudryshova B. C., Dairov D. K.

Experience in the use of composite materials based
on organic and mineral components 153

Idrissov G. B.

Thermal insulation of a finely deepened foundation..... 160

TRANSPORT

Suleimenov A. D., Mukanov R. B., Sembaev N. S.,

Zaripov R. Yu., Imangazinova D. B.

Innovative ball mill in road construction..... 166

Shalabayeva M., Abuova A.

Model of the processes of restoring the safe state
of the «Environmental-emergency object» system..... 173

Balabaev O. T., Askarov B. Sh., Aryngazy G., Kairbekova S. E., Akhaev A. A.

Analysis of carriage flows at the railway station «Kagandy-Suryptau» 183

Sakhiyev A. A., Dahham A.

Development of a winter all-weather safety tire model..... 192

CHEMICAL, OIL AND GAS ENGINEERING

Massakbayeva S. R., Zhetubayeva N. K., Nesmeyanova R. M., Kovtareva S. Y.

Ways to reduce vanadium in petroleum coke..... 199

Slyamov E. Zh., Massakbayeva S. R.

The effect of a titanomagnesium catalyst on the polymerization
of polypropylene in the conditions of «Company Neftekhim LTD» LLP..... 206

Information about the authors..... 217

Rules for authors 228

Publication ethics..... 239

FTAMP 55.39.31

<https://doi.org/10.48081/FUPU2542>***М. М. Кенжанова, А. Х. Мустафин, Г. Ж. Сейтенова, А. С. Какенова**Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.**ГОРИЗОНТАЛДЫ РЕАКТОРДЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ МЕН
АРАЛАСТЫРУ БІЛІГІНІҢ БЕРІКТІГІН ЖОҒАРЛАТУДЫ БАҒАЛАУ**

«Нефтехим LTD Компаниясы» ЖШС Қазақстандағы полипропилен өндірісі бойынша жалғыз ғана зауыт болып саналады, шикізат ретінде Павлодар мұнай өңдеу зауытынан газ құбыры арқылы келетін ПТ, БТ, СПБТ өнімдері алынады.

Бұл жұмыста полипропилен өндірісі барысындағы горизонтальды реактордың араластыру білігінің техникалық жағдайы, араластыру білігінің беріктігі мен қаттылығын өлшеу методикасы қарастырылды, және оның беріктігін жоғарлатуына әкелетін конструктивтік шешімдер ұсынылды.

Кілтті сөздер: горизонтальды реактор, білік беріктігі, қалақшалар.

Кіріспе

Тәжірибе мақсаты: араластырғышы бар горизонтальды реактор білігінің беріктігін жоғарлатуға арналған шешімдерді дайындау.

Тәжірибе міндеті: араластырғышы бар реактордың техникалық жағдайын бағалаудың негізгі методикаларына әдеби шолу, араластырғышы бар реактордың горизонтальды білігінің қаттылығы мен беріктігін бағалау, істен шығу себептерін анықтау және біліктің беріктігін жоғарлатуға арналған ұсыныстарды жасау.

Реактордың жұмысын бақылау барысында газды ортада полипропиленді ұнтақты араластыруға арналған білік айналу жиілігі 987 об/мин және күші 220 кВт тең келетін электр жетегінен әлдеқайда үлкен жүктеме алатынын байқадық. Білік қалың қабырғалы құбыр болып келеді, оның диаметрі 0,477 м болса, ал қабырғасының қалыңдығы 0,032 м, құбыр материалы 14Г2 болаты. Білікке 0,8 м арақашықтығында иық пішақтары пісірілген, олардың арасындағы бұрышы бір қатарда 180°, көршілес 90° кейін келесісі орналасқан. Әр қалақшаның салмағы 72 кг, ал олардың жалпы саны 38 дана. Құбырды соңымен қосатын жартылай муфталардан кейін 90° сайын орақ тәріздес 4 қалақша орналастырылған. Әрбіреуінің салмағы 40 кг тең. Электр қозғалтқышынан білікке айналыс редуктор арқылы беріледі, оның беріліс қатынасы $u=63$ тең. Реакторды ұнтақпен 10 т дейін жүктеуге болады, тығыздығы 490 кг/м. куб, қоршаған орта температурасы орташа 85–100 °С, жұмыс қысымы 2,45 МПа. Реактор 2015 жылдан бастап жұмыс жасауда, реактор корпусынан сыртқа шығарылған

екі мойынтіректің біреуі істен шығу салдарынан білік өз жұмысын тоқтатты. Мойынтірек өз жұмысын тоқтатуы оның тығындамасынан шаңның ішке өтуі себеп болып отыр. Келесіде білік қирауына дейін реактордың істен шығуы байқалмады. Жұмыс барысында біршама есептеулер жүргізілді: біліктегі айналыс статикалық беріктігі есептелді, майысу кезіндегі статикалық беріктік пен қаттылық есептелді, күшейтілген біліктің статикалық беріктігі пен қаттылығы есептелді, цикдық әрекет жүктелгендегі біліктің беріктігі есептелді, қармайтын құбырдың қызу температурасы мен тартылысын есептедік, серпімді негіздегі білік есептелді.

Білік беріктігін жоғарлату жолы мен ұсыныстар әдістері

1 Құбырдың қабырғасы қалыңдығы жоғарлаған сайын оның қима параметрлері де өзгеріске ұшырайды: инерция моменті мен қарсылық моменті өсімге қарай өзгереді. Алайда, онымен қоса қалақшаларымен бірге құбыр салмағы Мтр.п да көбееді [5]. Салмақтан келетін үлестірілген кернеу де өседі, сол себепті тегік диаметрін кішірейту нәтижесінде болған немесе сыртқы диаметрдің еселенуі нәтижесінде болатын құбыр қабырғасының барлық ұзындығы бойынша еселенуі майысу мен иілу кернеуінің төмендеуіне аз әсерін тигізеді.

2 Материалдың маркасын өзгерту, біліктің бетін бекемдеу ету үшін термохимиялық процесстарды пайдалану немесе қаттылықты өзгерту біліктің көлбеу кемшіліктерінің (майысуының) шамасына еш әсер етпейді, себебі соңғысы көлбеу серпімділік модулінен тәуелді, және ол жоғарыда атап кеткен шараларға қарамастан болат үшін әрқашан тұрақты болып қалады $E=(2-2,1)105$ Мпа.

3 Құбырларды механикалық жабдықтар мен машиналардың білігі ретінде пайдаланылуы шекетулі болғандықтан, олардың конструкциясын майысуға қарсы бекемдеуге арналған еш ұсыныстар жоқ. Біз осы конструкцияны білік ұзындығының ортасында орналастырылатын сақиналы қосымшаны қолдану арқылы күшейтуге ұсыныс жасаймыз. Қосымша ені орташа 2–3 метр алуды ұсынамыз, және ол қиманы максималды эпюр зонасынан Мх шығаруды қамтамасыздандырады.

4 Сақиналы қосымшалардың ішкі диаметр бойынша қолданысы кезінде жалпы құбыр салмағы барлық құбыр ұзындығы бойынша ішкі диаметрді көбейту нәтижесінен азырақ болады. Құрылым бойынша жинауды штатты құбырда жүргізуге болады, ол сыртқы диаметрі мен ұзындығы 3 м тең сақиналы қосымшаны енгізу кезінде жасалады, ол негізгі құбырдың ішкі диаметріне тең. Сол кезде сыртқы құбыр қосымшаның кірісі жағынан қыздырылады, кейін оны орнына енгізгеннен кейін салқындатылады, бұл процесс құбырдың орналасу беріктігін қамтамасыз етеді. Сатылы білік сияқты қосылыс беріктігі конструкцияның бүтіндігін қамтамасыздандыру тиіс, себебі құбырдың отырғызу беті аралығындағы қосылыс ашылғанда әсер ететін жүк не күн әрбіреуіне тиісінше қабылдануы мүмкін. Диаметрлердің $0,37/0,477=0,775$ қатынасы бойынша біліктің майысуы $2,5/1,58=1,58$ есе кемиді және айнымалы кернеудің қор коэффициенті $n=3,84$ дейін жоғарылайды, салыстырмалы түрде алғанда рұқсат етілген орташа коэффициент $n=2-2,5$.

5 Құбыр қабырғасын ішкі диаметрі арқылы еселетпей, сыртқы немесе оның тек бөліктері бойынша еселетуді қамтамасыздандыруға болады, мысалы құбыр ортасынан, яғни ұзындығы 2,2 м шамасында (ортасынан екі жағына 1,1 метрден).

Диаметрді еселегенде салмақты кішірейту үшін, және білікке пісіруге алдын ала дайындалған қалақшалар орнының санын азайту үшін бірінші жағдайға қарағанда қосылыс ұзындығы 0,8 м азырақтау алынады. Қалақшалар саңылаулар арқылы бір жазықтықта үш қатарға бөлініп пісіріледі, ал басқа жазықтықта екі қатарға орнатылады. Конструкция бойынша оны сақиналы қосымшаны штатты құбырға қондыру кезінде жасауға болады.

6 Н7/с6 білігі мен қосымшаның берік орнығуын қамтамасыз ету үшін қармайтын құбырдың қызу температурасы 70–80 °С болса жеткілікті. Алайда реактордағы қоршаған орта температурасы 85–100 °С диапазонында орналасқан, осыған сәйкес қызу отырғызу кезінде қыздыру температурасы жұмыс температурасынан жоғары болуы тиіс. Мысалы, қармайтын құбырды 150 °С дейін қыздырсақ, максималды тартылыс Н7/и7 и Н8/и8 отырғызылымында қамтамасыз етіледі, ол тіректері жоқ қосылыстарда немесе айныма таңбалы жүктемелерде қолданылады.

7 Қосымшаны қыздыру арқылы орнықтыру орнына негізгі құбырды 3 м ұзындықты қаптамамен нығыздауға болады, олар құбырға 0,52 м диаметрлі құбыр кесінділерінен пісіріледі. Кесінді қалыңдығы 90° сайын орналасқан көршілес қалақшалар арасындағы арақашықтыққа сәйкес анықталады. Шеңбер бойынша 4 қалақтың центрлерінің арасындағы арақашықтық $3,14 \cdot 0,477 / 4 = 0,374$ м тең. Кесінділерді екі көршілес қалақшалар ортасынан өткізеді, жабынды шеттерін білікке бірыңғай қосылыспен пісіреді, ал бүйірін кесінді пісірмемен орналастырады [8].

8 Ұсынылған шаралардың әрқайсысының өз ерекшелігі бар, және технологиялық сатыдан, немесе өндіруші зауыттың сәйкес жабдықтармен қамтамасыздануан байланысты болып келеді. Іс-шаралар тізімінің п.4-п.7 аралығында олар артықшылықтарына сәйкес орналастырылған.

Есептеулер нәтижесі бойынша қорытынды

1 Оралма қиылысты білік $s=0,413/0,477=0,865$ ұзындығы 9 метрлі екі жартылай муфта ортасындағы аумақтағы білікке пісірілеген қалақшалармен бірге жалпы салмағы орташа 5915 кг тең болып тұр, осы негіздеме конструкцияға ауыртпалық келтіріп тұрғанын анықтадық [2]. Араластыру білігінің қаттылығы мен беріктігін есептеу методикасын жасау, оған қоса оның беріктігін жоғарлатуға әкелетін конструкциялық шешімдерді ұсыну.

2 Айналдыру және майысуға қосалқы және нормалы күш салу бойынша статикалық беріктікті есептеу қанағатты нәтижелер көрсетті: рұқсат етілген кернеу шамасы екі кернеу шамасына қатысты эквивалентті көрсеткіштен $140/23=6,1$ есе жоғары.

3 Есептеулер бойынша $n=2,24$ циклды нормалы кернеу үшін беріктік қоры коэффициенті рұқсат етілген $n=2-2,5$ аралығында орналасқан, және осы аралықтан көрсеткіштер аспаған. Ол дегеніміз конструкция берік және сенімді, істен шығу тек шаршау нәтижесінде болған.

4 Ұнтақ өзінің тығыздығы төмен болғандықтан, қатты негіздеме ретінде жұмыс жасай алмайтындығын және осы біліктің майысуына төтеп бере алмайтындығын анықтадық [3].

5 Майысудың, кернеу, қор коэффициенті өлшемдері жалпы қабылданған өлшемдер аралығына сай, және осы мәндерден аспайды. Ол өлшемдердің дұрыстығы мен қабылданған өлшемдердің схемасы реалды объектерге сәйкес екендігін дәлелдейді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Лашинский, А. А.** Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник. // Л. : Машиностроение, 2017. – 382 с.

2 **Михалев, М. Ф., Третьяков, Н. П., Мильченко, А. И.** Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств : Примеры и задачи. // Л. : Машиностроение, 2010. – 301 с.

3 **Seitenova, G. J., Dusova, R. M., Kabylkaiyr, D. N., Grebenkin, V. V., Bolsunovskaya, L. M.** Optimization of the process of preparing motor fuels at refineries. 2020. – 49 p.

4 **Иосилевич, Г. Б., Строганов, Г. Б., Маслов, Г. С.** Прикладная механика. // М. : Высш. ш., 2016. – 351 с.

5 **Луцко, А. Н., Тепнев, М. Д., Барановский, В. М.** Прикладная механика : Пособие по проектированию. // Изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2015. – 213 с.

6 Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов: ПБ 03-55-03. – Введен 01-01-04. – М. : ПИО ОБТ, 2011. – 2 б.

7 **Биргер, И. А., Шорр, Б. Ф., Иосилевич, Г. В.** Расчеты на прочность деталей машин : Справочник. – М. : Машиностроение, 2010. – 702 с. – 8 с.

8 **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа : Учебное пособие для вузов. – СПб. : Недра, 2013. – 544 с. : ил.

9 **Белый, А. С.** Современное состояние, перспективы развития процесса и катализаторов риформинга бензиновых фракций нефти. Нефтехимия. – 2015. – № 8. – С. 36–39.

10 **Магарил, Р. З.** Теоретические основы химических процессов переработки нефти : учебное пособие / Р. З. Магарил. – М. : КДУ, 2010. – 280 с.

References

1 **Lashchinsky, A. A.** Konstruirovaniye svarnykh himicheskikh apparatov : Spravochnik. // L. : Mashinostroenie. 2017. – 382 p.

2 **Mikhalev, M. F., Tretyakov, N. P., Milchenko, A. I.** Raschet i konstruirovaniyemashin i apparatov himicheskikh proizvodstv : Primery i zadachi. // L. : Mashinostroenie, 2010. – 301 p.

3 **Seitenova G. J., Dusova R. M., Kabylkaiyr D. N., Grebenkin V. V., Bolsunovskaya L. M.** Optimization of the process of preparing motor fuels at refineries. 2020. – 49 p.

4 **Iosilevich, G. B., Stroganov, G. B., Maslov, G. S.** Prikladnaya mehanika. // М. : Vyssh.sh., 2016. – 351 p.

5 **Lutsko, A. N., Telepnev, M. D., Baranovsky, V. M.** Prikladnaya mehanika : Posobie po proektirovaniyu. // Izd.3-e, pererab. idop. – SPb. : Izd-voSPbGUEF, 2015. – 213 p.

6 Pravilaustroistva i bezopasnoiekspluataciitehnologicheskikhtruboprovodov: PB 03-55-03. – Vveden 01-01-04. – М. : PIO OBT, 2011. – 2 p.

7 **Lutsko, A. N., Telepnev, M. D., Baranovsky, V. M.** Raschety na prochnost detalei mashin : Spravochnik. – М. : Mashinostroenie, 2010, – 702 с. – 8 с.

8 **Ahmetov, S. A.** Tehnologiya glubokoi pererabotki nefi I gaza. – SPB. : Nedra, 2013. – 544 p.

9 **Belyi, A. S.** Sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya processa i katalizatorov riforminga benzinovyh frakcii nefi. Neftehimiya. – 2015. – № 8. – P. 36–39.

10 **Magaril, R. Z.** Teoriticheskie osnovy himicheskikh processov pererabotki nefi. – М. : KDU, 2010. – 280 p.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

**М. М. Кенжанова, А. Х. Мустафин, Г. Ж. Сейтенова, А. С. Какенова*

Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РЕАКТОРА И ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВАЛА МЕШАЛКИ

ТОО «Компания Нефтехим LTD» является единственным в Казахстане по производству полипропилена, сырьем является ПТ, БТ и СПБТ, поступаемый по технологическому газопроводу с ТОО «Павлодарский нефтехимический завод».

В работе исследовано техническое состояние вала мешалки горизонтального реактора при производстве полипропилена, методика расчета на жесткость и прочность вала мешалки, а также предложено конструктивное решение по повышению его надежности.

Ключевые слова: горизонтальный реактор, прочность вала, лопасти.

**М. М. Kenzhanova, A. H. Mustafin, G. Zh. Seitenova, A. S. Kakenova*

Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 15.06.21.

**EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION
OF THE HORIZONTAL REACTOR AND IMPROVING
THE RELIABILITY OF THE AGITATOR SHAFT**

«Company Neftekhim LTD» LLP is the only Kazakhstan enterprise for the production of polypropylene, the raw material is PT, BT and SPBT, supplied through a technological gas pipeline from «Pavlodar Petrochemical Plant» LLP.

The paper examines the technical condition of the horizontal reactor agitator shaft in the production of polypropylene, the method of calculating the rigidity and strength of the agitator shaft, and also offers a design solution to improve its reliability.

Keywords: horizontal reactor, shaft strength, blades.

***В. Б. Шулятьев, А. Г. Маликов**

Институт теоретической и прикладной механики имени С. А. Христиановича
Сибирского отделения Российской академии наук,
Российская Федерация, г. Новосибирск

ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА АВИАЦИОННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИСПАРЕНИЯ МАТЕРИАЛА

Экспериментально исследованы характеристики реза алюминиевых сплавов излучением импульсно-периодического CO_2 -лазера с модуляцией добротности и высокой пиковой мощностью, когда происходит развитое испарение материала. Разрезались листы алюминиевых сплавов системы Al-Mg-Li и Al-Si-Li толщиной 1,5 мм и 2 мм, в качестве технологического газа использовались аргон и воздух. Установлено, что морфология поверхности реза существенно различна при использовании аргона и воздуха. Впервые реализован режим лазерно-плазменной резки, когда в процессе резки поддерживается оптический разряд в потоке аргона. Получен рез с малой шероховатостью поверхности и без грата при давлении аргона 0,5 bar, что значительно ниже величин, при которых достигается высокое качество реза в случае резки непрерывным лазером. Удельные затраты лазерной энергии на создание качественного реза близки при лазерно-плазменной резке алюминиевого сплава и резке непрерывным CO_2 -лазером.

Ключевые слова: алюминий-литиевый сплав, импульсно-периодический CO_2 -лазер, модуляция добротности, лазерно-плазменная резка, качество поверхности.

Введение

Алюминий-литиевые сплавы представляют интерес для авиационной промышленности из-за пониженной плотности, что позволяет существенно облегчить вес авиационных конструкций. Ведутся работы по лазерной сварке Al-Li сплавов [1, 2], лазерная резка таких сплавов также актуальна. Лазерная резка выгодно сочетает высокую скорость и высокое качество поверхности реза. Лазерная резка алюминия и алюминиевых сплавов затруднена из-за высокого коэффициента отражения лазерного пучка и высокой теплопроводности материала. Большой поток тепла в материал из области реза создаёт широкую зону термического влияния, что приводит к большому количеству грата и затрудняет получение качественного реза.

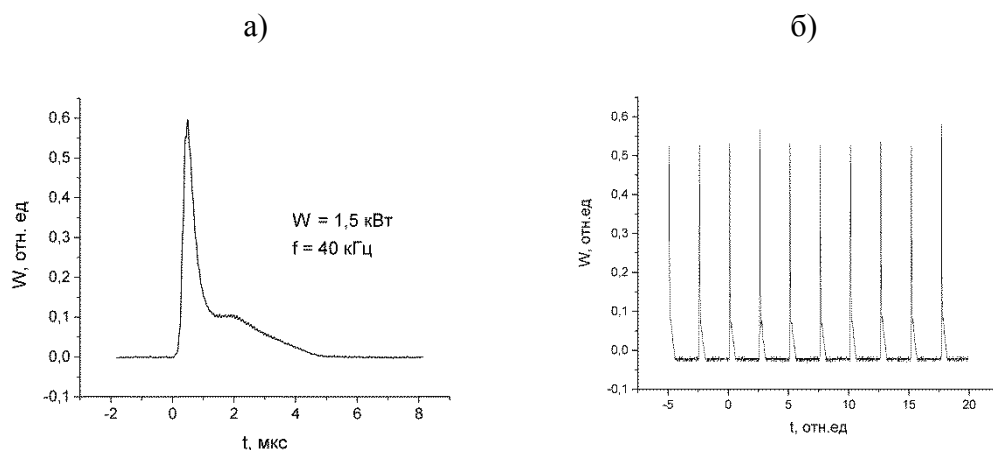
При резке алюминиевых сплавов непрерывным лазером для получения качественного реза проводят тщательную многопараметрическую оптимизацию процесса [3–5]. Для эффективного удаления расплава резка производится при высоком давлении технологического газа в камере режущей головки – 0,6 МПа

при толщине листа 1,5 мм [3], 1 МПа и более при толщине листа 2 и 3 мм [6-8]. Экспериментально установлено ключевое влияние рода вспомогательного газа на качество реза [4]. В [4] производилась резка сплава 2024-T3 системы Al-Cu толщиной 3 мм непрерывным CO₂-лазер при использовании в качестве технологического газа аргона, азота и сжатого воздуха. Лучшие результаты по шероховатости поверхности реза и величине грата получены с аргоном. Авторы объясняют это большей плотностью и динамической вязкостью аргона, что повышает эффективность удаления расплава силой вязкого трения. Кроме того, аргон является инертным газом и не образует с разрезаемым материалом тугоплавких химических соединений. Резка в [4] проводилась при максимальном давлении аргона 1 МПа, при этом на образцах оставался грат. Рез без грата при разрезании сплава 2024-T3 с аргоном в качестве технологического газа получен в [7] при использовании неосевого сверхзвукового сопла. Сопло имеет прямоугольный профиль, и струя подаётся в область реза под углом к лазерному лучу со стороны уже сформированного канала. Такое решение усложняет конструкцию и плохо подходит для выполнения криволинейных резов.

В [8] сообщалось, что давление технологического газа, необходимое для получения высокого качества реза алюминиевых сплавов, можно существенно снизить, если для резки использовать импульсно-периодический CO₂-лазер с модуляцией добротности. Причина этого в том, что при высокой мощности лазерных импульсов происходит интенсивное испарение материала, и расплав выбрасывается с фронта реза давлением отдачи паров. Из-за появления этого дополнительного механизма удаления расплава зависимость результатов резки от рода вспомогательного газа может быть разной при резке импульсно-периодическим и непрерывным лазером. В настоящей работе экспериментально исследуется влияние рода вспомогательного газа на качество реза при резке современных алюминий-литиевых сплавов мультикилогерцовым импульсно-периодическим CO₂-лазером с непрерывной накачкой и модуляцией добротности.

Материалы и методы

Для резки алюминиевых сплавов использовался импульсно-периодический CO₂-лазер с непрерывной накачкой и механической модуляцией добротности резонатора [9, 10]. В лазере использован самофильтрующий резонатор, качество лазерного пучка близко к TEM₀₀ моде, ВРР = 4,7 мм*мрад. Модуляция добротности производится при помощи вращающегося медного диска с прорезями. Резка производилась в импульсно-периодическом режиме (ИП режим) при средней мощности излучения 1,5 кВт и частоте следования импульсов 40 кГц, что достигалось вращением диска с 600 щелями со скоростью 66,66 об/сек. Осциллограммы импульса и последовательности импульсов показаны на рисунке 1. Также производились резы при непрерывной лазерной мощности (НИ режим) без диска-модулятора.



а) осциллограмма; б) последовательность импульсов
 Рисунок 1 – Лазерный импульс при $W = 1,5$ кВт, $f = 40$ кГц

Разрезались листы алюминий-литевых сплавов 1420 системы Al-Mg-Li толщиной $t = 1,5$ мм и В-1461 системы Al-Cu-Li-Mg-Zn толщиной $t = 2$ мм. Для резки использовался 2D CNC стол, делались прямые резы. Лазерный пучок фокусировался линзами с фокусным расстоянием $F = 63,5$ мм и 95 мм, диаметр лазерного пучка на линзе равен 25 мм. В качестве технологических газов использовался аргон с объёмной долей аргона 99,998 % и атмосферный воздух. Струя газа формировалась коническим соплом с выходным диаметром 2,5 мм, зазор между газовым соплом и поверхностью листа устанавливался равным 2 мм. Положение перетяжки сфокусированного пучка по отношению к поверхности листа выбиралось так, чтобы величина грата была минимальной. Оптимальным было положение перетяжки вблизи верхней поверхности листа при резке с аргоном и вблизи нижней поверхности при резке с воздухом. В [8] экспериментально установлено, что при резке алюминиевых сплавов импульсно-периодическим CO₂-лазером с модуляцией добротности повышение давления технологического газа свыше 0,05 МПа не приводит к повышению качества реза. В настоящей работе резка производилась при давлении 0,05 МПа.

Для исследования морфологии поверхности реза и измерения шероховатости использовался сканирующий лазерный микроскоп Olympus LEXT. Шероховатость измерялась в трёх сечениях – на расстоянии 0,2t, 0,5t и 0,8t от верхней поверхности листа, в качестве характеристики образца принималась средняя величина.

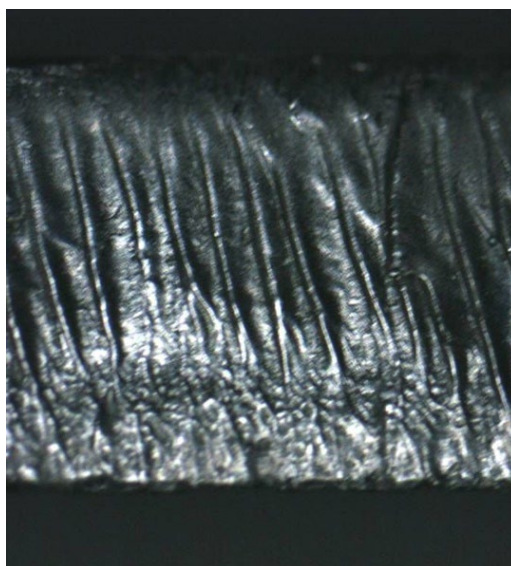
Экспериментальные результаты

Как показали результаты экспериментов, при резке в ИП режиме пространственная структура поверхности реза существенно различна при использовании аргона и воздуха. При резке с аргоном наблюдается характерная бороздчатая структура. При резке с воздухом поверхность имеет зернистый характер, бороздки выражены слабо или отсутствуют. Это относится к Al-Mg-Li сплаву 1420 и к Al-Cu-Li-Mg-Zn сплаву В-1461. На рис. 2 и 3 показаны 2D изображения поверхности реза сплавов 1420 и В-1461 в ИП режиме с аргоном и

воздухом. На рис. 4 показана 3D картина поверхности реза с аргоном и воздухом для сплава В-1461 в средней части реза, картина получена путём послойного сканирования с использованием лазерного конфокального сканирующего микроскопа. Различия в структуре поверхности в случае аргона и воздуха хорошо видны. Также существенным отличием является отсутствие грата в случае аргона при скорости резки, близкой к максимальной. При резке с воздухом грат на нижней кромке наблюдается во всём диапазоне скоростей резки, минимальная высота грата равна 0,1...0,2 мм.

Резка в НИ режиме производилась также при давлении технологического газа 0,05 МПа. Различия в картине поверхности реза с аргоном и воздухом в НИ режиме (рис. 5) выражены гораздо слабее – в обоих случаях имеется значительный грат и высокая шероховатость в нижней части реза. В верхней части реза шероховатость ниже и наблюдается бороздчатая структура, которая лучше выражена в случае аргона.

Лучшие результаты по качеству реза в ИР режиме с аргоном получены при использовании линзы с фокусным расстоянием $F = 63,5$ мм для сплава 1420 и $F = 95$ мм для сплава В-1461. При резке сплава 1420 с линзой 95 мм имеется грат величиной (0,2...0,3) мм на нижней кромке реза, при резке сплава В-1461 линзой 63 мм - грат (0,1...0,2) мм на верхней кромке. Зависимость шероховатости Ra (арифметическое среднее) поверхности реза от скорости V резки показана на рисунках 2-6, стрелками отмечены области, где наблюдается грат и где рез отсутствует.

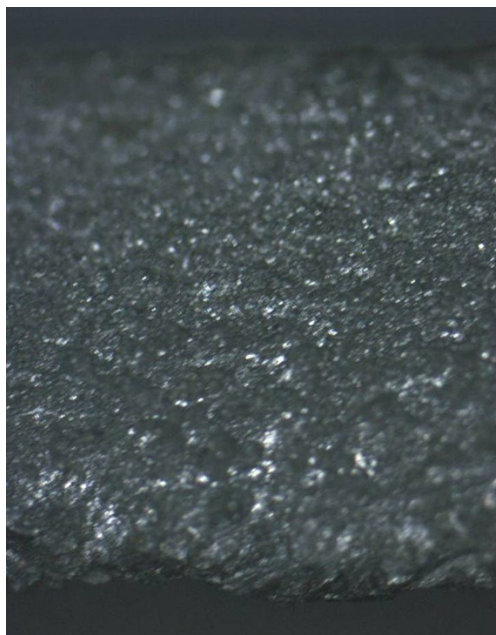
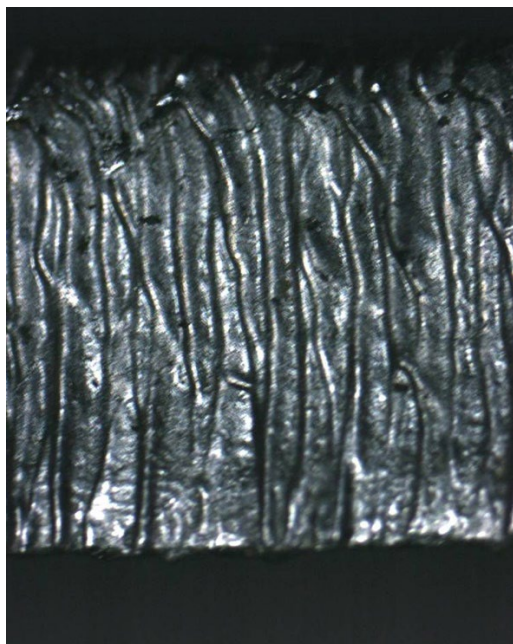


а)



а)

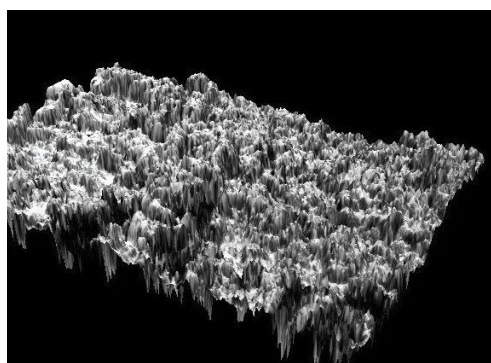
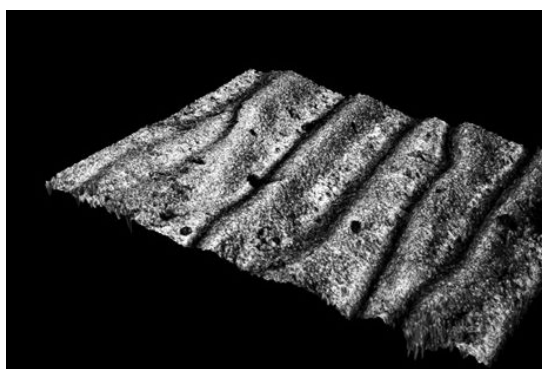
Рисунок 2 – Фото поверхности реза сплава 1420 в RP режиме, $t = 1,5$ мм, $V = 2,6$ м/мин, а) аргон, б) воздух



а)

б)

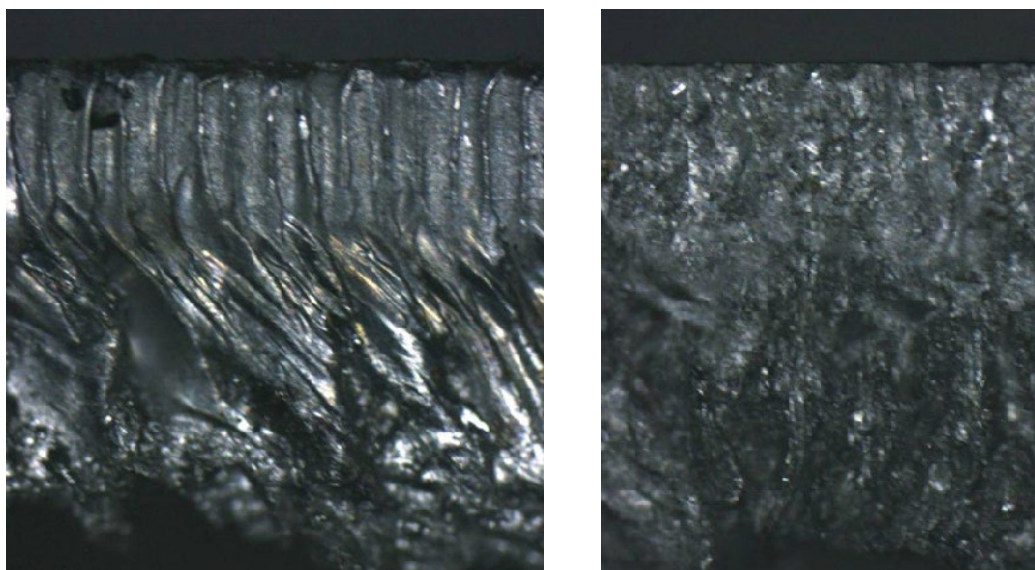
Рисунок 3 – Фото поверхности реза сплава В-1461 в РР режиме, $t = 2$ мм, $V = 1,8$ м/мин, а) аргон, б) воздух



а)

б)

Рисунок 4 – Рельеф поверхности в средней части реза сплава В-1461, $t = 2$ мм, $V = 1,8$ м/мин, размер области 640×480 мкм, а) аргон, б) воздух



а)

б)

Рисунок 5 – Фото поверхности реза сплава 1420, $t = 1,5$ мм в НИ режиме, $V = 2,6$ м/мин, а) – аргон, б) – воздух

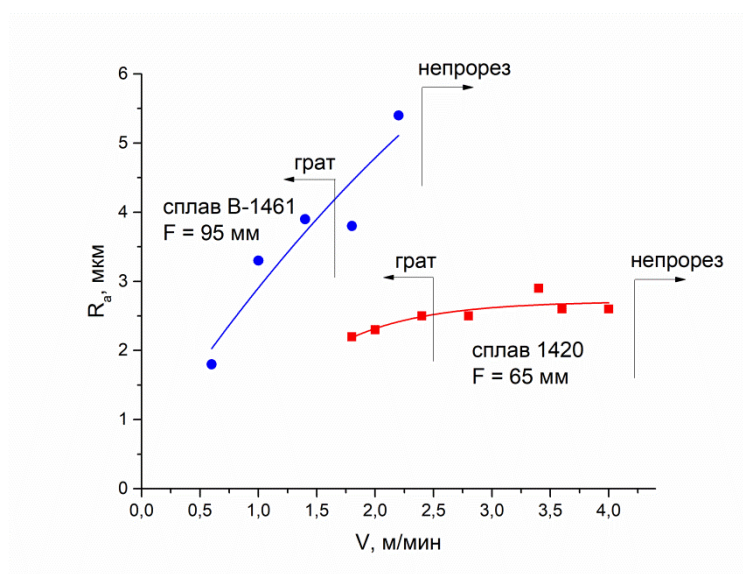


Рисунок 6 – Зависимость шероховатости поверхности реза от скорости резки в импульсно-периодическом режиме для сплавов 1420 и В-1461

Обсуждение результатов

Процесс нагрева металла мощными лазерными импульсами сложен, он включает прямое воздействие излучения на материал и формирование плазмы с последующей передачей части энергии от плазмы к поверхности материала. Импульсы излучения и плазма воздействуют на поверхность металла, вызывая

его плавление и испарение, в материале генерируя тепловые и звуковые волны. На расплав действуют силы давления и вязкого трения со стороны потока технологического газа, давление отдачи паров и давление нагретой плазмы. Как видно из рисунков 2–5, имеются существенные различия в структуре поверхности реза в случае непрерывного и импульсно-периодического лазерного воздействия, а также при резке импульсно-периодическим лазером с аргоном и воздухом. Эти различия связаны с тем, что названные выше процессы дают различный вклад в нагрев материала и удаление расплава.

Более высокое качество реза в ИП режиме по сравнению с НИ режимом можно объяснить тем, что в ИП режиме появляется дополнительный механизм удаления расплава с фронта реза: достигается температура развитого испарения, и расплав выбрасывается давлением отдачи паров. Оценим время, за которое на поверхности алюминиевой пластины достигается температура кипения 2400 °С.

При средней лазерной мощности 1,5 кВт и частоте следования импульсов 40 кГц пиковая мощность импульса равна $(4,2 \dots 4,6) \cdot 10^4$ Вт, результат получен численным интегрированием. Диаметр d фокального пятна при фокусировке линзой с $F = 63,5$ мм, рассчитанный как сумма дифракционного размера и уширения из-за сферической аберрации, равен 110 мкм. Этому соответствует плотность мощности в фокальном пятне $I_0 \approx 4,7 \cdot 10^8$ Вт/см².

При длительности τ действия теплового источника тепло распространяется в материале на расстояние $\delta = \sqrt{a\tau}$. Время нарастания мощности от нуля до пика равно приблизительно 0,5 мкс (рисунок 1, а), если принять его за τ , то материал прогревается на глубину $\delta = 6$ мкм. Таким, образом, выполняется условие $\delta \ll d$, и тепловой поток в пределах длительности фронта можно считать одномерным. Как видно из рис. 1, зависимость лазерной мощности от времени на фронте реза близка к линейной. При линейном росте плотности мощности в приближении плоской тепловой задачи зависимость температуры T поверхности от времени t описывается следующим соотношением [11]:

$$T = \frac{4}{3} \frac{AI_0}{\tau \sqrt{\pi c \rho \lambda}} t^{3/2}, \quad 1)$$

где A – коэффициент поглощения лазерного излучения, I_0 – интенсивность лазерного в пятне через время τ .

Коэффициент поглощения A алюминия может изменяться в широких пределах, в зависимости от состояния поверхности материала. По данным [12], при длине волны излучения CO₂-лазера 10,6 мкм $A = 0,03 \dots 0,06$ для гладкой поверхности и $A = 0,1 \dots 0,4$ для шероховатой поверхности. Теплофизические характеристики алюминия приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Теплофизические характеристики алюминия при температуре 600 К.

Плотность, ρ	Удельная теплоемкость, c	Теплопроводность, λ	Температуропроводность, a
г/см ³	Дж/г*К	Вт/см*К	см ² /с
2,7	1,04	2,3	0,82

Результаты расчёта по (1) показаны на рисунке 7. Видно, что даже при гладкой поверхности в пределах длительности фронта импульса на поверхности достигается температура кипения. Следует учитывать, что один и тот же участок поверхности облучается большим количеством импульсов, при $V = 3$ м/мин и $f = 40$ кГц за время смещения лазерного луча на величину $d/2$ на металл воздействует 73 импульса. С каждым последующим импульсом возрастает шероховатость поверхности, возрастает коэффициент поглощения, и время достижения температуры кипения уменьшается.

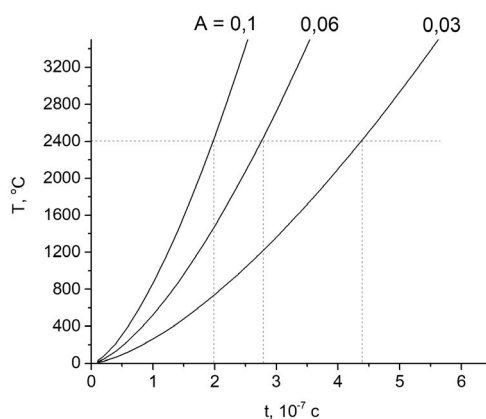


Рисунок 7 – Температура поверхности алюминийевой мишени в центре пятна облучения в зависимости от времени при линейном росте лазерной мощности

Поскольку при достижении температуры кипения «включается» механизм удаления расплава давлением отдачи паров, высокое качество реза может быть получено при меньшем давлении технологического газа, чем в случае резки непрерывным лазером. Ещё одной причиной лучшего качества реза в ИП режиме может быть повышенный перегрев расплава. В течение лазерного импульса температура расплава имеет температуру выше, чем при резке в НИ режиме, вблизи поверхности фронта реза температура расплава близка к температуре кипения. Вязкость расплава уменьшается с температурой, например динамическая вязкость жидкого алюминия равна $2 \cdot 10^{-3}$ Н*с/м² при температуре 800 °С и $1,3 \cdot 10^{-3}$ Н*с/м² при температуре 1278 °С. С уменьшением вязкости расплава и вязкого трения повышается эффективность удаления расплава. Кроме того, с ростом температуры уменьшается коэффициент поверхностного натяжения расплава, что облегчает срыв капель расплава с нижней кромки реза и уменьшает количество грата.

Главное различие в процессе резки с аргоном и воздухом в ИП режиме состоит в том, что в случае аргона резка происходит в режиме «лазерного плазмотрона» – происходит оптический пробой газа, и часть лазерной энергии передаётся материалу через плазму оптического разряда. Резка с аргоном в настоящих экспериментах происходила в присутствии яркого плазменного факела, при резке с воздухом факел не наблюдался.

Оптический разряд возникает в свободной струе аргона (рисунок 8), плазменное образование имеет размеры по свечению в видимом диапазоне 3...5 мм поперёк лазерного луча и 10...12 мм вдоль луча. Оптический разряд в аргоне поддерживается и в процессе резки. Пороговая интенсивность пробоя неочищенного воздуха атмосферного давления излучением CO_2 -лазера имеет величину $2 \cdot 10^9 \text{ Вт/см}^2$ [13], такие интенсивности в экспериментах не достигались, и оптический разряд в свободной струе воздуха не возникал. Во время резки с воздухом интенсивный плазменный факел также не наблюдался. Известно [9], что порог оптического пробоя газа снижается в присутствии твердой мишени. Пороговая интенсивность слабо зависит от материала мишени, и для аргона она приблизительно на порядок величины меньше, чем для воздуха. Таким образом, при резке с воздухом условия пробоя или не достигаются, или достигаются только вблизи пика импульса, и лишь относительно небольшая доля энергии импульса вкладывается в плазму.



Рисунок 8 – Оптический пульсирующий разряд в струе аргона,
 $P = 0,05 \text{ МПа}$, $W = 1,5 \text{ кВт}$, $f = 40 \text{ кГц}$, $F = 63,5 \text{ мм}$.

По результатам измерений, в плазме оптического разряда в свободной струе аргона поглощается 60 % лазерной мощности. В условиях резки доля поглощенной мощности может быть другой, но она должна оставаться существенной и большей, чем в случае воздуха. Резка алюминиевого сплава импульсно-периодическим лазером с высокой импульсной мощностью, когда часть лазерной энергии передаётся материалу через объёмное поглощение в плазме оптического разряда, имеет существенное отличие от обычной лазерной резки. В то же время, резка в

присутствии плазмы оптического разряда плазмотрона отличается и от плазменной резки, когда плазма создаётся электрическим разрядом без участия лазера.

Способ резки, при котором происходит комбинированное воздействие на материал лазерного излучения и плазмы оптического разряда, можно назвать лазерно-плазменной резкой. Насколько известно авторам, такой режим резки реализован впервые. Полученные результаты не позволяют определить относительный вклад в формирование реза разных каналов подвода энергии – непосредственного поглощения материалом и передачи энергии через плазму оптического разряда, это может быть предметом дальнейших исследований. Назовём лишь возможные процессы, которые могут быть существенными при лазерно-плазменной резке.

К поглощению лазерного излучения на поверхности материала добавляется объёмное поглощение в плазме. Плазма оптического разряда при интенсивности $10^8 \dots 10^9$ Вт/см² имеет высокую температуру – до $(15 \dots 20) \cdot 10^3$ [11, 13], энергия плазмы передаётся расплаву на фронте реза и боковым стенкам, в том числе путём радиационного нагрева. В плазме создаётся область повышенного давления, возникают ударные волны [11, 14], формируются струи в направлении распространения лазерного луча [11]. Это может повышать эффективность удаления расплава из канала реза. Возможно, дополнительный нагрев и силовое воздействия со стороны плазмы являются причиной меньшей шероховатости поверхности в нижней части реза по сравнению с верхней. При обычной лазерной резке, когда расплав удаляется только силами давления и вязкого трения потока газа, шероховатость имеет большую величину в нижней части реза. Наличие в канале реза плазмы при высокой температуре и нагрев боковых стенок, по-видимому, и обуславливают различие в структуре поверхности реза при резке с аргоном и воздухом. В случае резки с воздухом часть капель расплава, сорванных с фронта реза давлением отдачи паров, осаждаются и затвердевают на боковых стенках, формируя зернистую структуру. При резке с аргоном сорванные с фронта капли могут не достигать боковой поверхности реза, полностью или частично испаряясь в нагретой плазме. Долетевшие жидкие капли попадают на плёнку горячего расплава и не создают локальных неоднородностей. В итоге формируется характерная для лазерной резки бороздчатая структура поверхности реза. О возможности уменьшения шероховатости путем нагрева боковых стенок лазерного реза сообщалось в [15, 16].

Сравним результаты настоящей работы по качеству реза и эффективности с полученными в [4], где разрезался алюминиевый сплав 2024-T3 толщиной 3 мм с использованием непрерывного CO₂-лазера. Поскольку разрезались листы разной толщины, эффективность резки будем характеризовать энергией деления $E_c = W/Vt$ [Дж/мм²] [17]. Для получения высокого качества реза авторы [4] рекомендуют производить резку с аргоном при давлении аргона 0,8...1 МПа и при лазерной мощности 2,5...3 кВт, наиболее полные данные приведены для мощности 2,5 кВт. Результаты [4] и настоящей работы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение результатов [4] и настоящей работы

Источн.	Сплав	t, мм	W, кВт	Газ	P, бар	V, м/мин	Ес, Дж/мм ²	Ra, мкм	Грат, мм
Данная работа	1420	1,5	1,5	Аргон	0,5	4	15	2,7	0
	В-1461	2	1,5	Аргон	0,5	2,2	20,4	5,3	0
Rivero 2010	2024-T3	3	2,5	Аргон	8	3	16,6	13	1,35

Удельные затраты энергии E_c при резке имеют в настоящей работе и в [4] сопоставимую величину. Главное различие состоит в том, что при лазерно-плазменной резке импульсно-периодическим лазером с высокой импульсной мощностью получен рез без грата при давлении аргона 0,05 МПа, в то время как при резке непрерывным лазером имеется значительный грат при давлении 0,8 МПа. Грат в [4] образуется и при давлении 1 МПа, хотя имеет и меньшую величину – 0,15 мм. Имеющиеся данные не дают возможности сравнить качество реза при одинаковой толщине листа, но приведённые разными авторами результаты лазерной резки алюминиевых сплавов позволяют говорить о том, что для достижения качественного реза необходимо давление газа, существенно превышающее 0,05 МПа. В работе [18] резка листов толщиной 1 мм проводилась при давлении 0,7...1,1 МПа, в [3] листы толщиной 1,5 мм разрезались при давлении 0,5...0,6 МПа, при толщине 2 мм давление имело величину 1...1,4 МПа [5].

Выводы

Экспериментально исследованы характеристики реза и влияние вспомогательного газа (аргона или воздуха) на качество реза при резке алюминиевых сплавов системы Al-Mg-Li толщиной $t = 1,5$ мм и В-1461 системы Al-Cu-Li-Mg-Zn толщиной $t = 2$ мм импульсно-периодическим CO₂-лазером с модуляцией добротности в условиях интенсивного испарения материала. Установлено, что поверхности реза имеет разную пространственную структуру при использовании аргона и воздуха. В случае воздуха поверхность является зернистой и наблюдается грат, в случае аргона поверхность имеет бороздчатую структуру и существует диапазон скоростей резки, в котором грат отсутствует. При использовании аргона происходит оптический пробой, и в процессе резки поддерживается пульсирующий оптический разряд в потоке газа. Лазерную резку в сопровождении оптического разряда в газе можно назвать лазерно-плазменной резкой. Насколько известно авторам, такой режим резки реализован впервые. Проведено сравнение затрат лазерной энергии на единицу толщины листа и единицу скорости резки при лазерно-плазменной резке алюминиевого сплава с известными данными для непрерывного CO₂-лазера. Удельные затраты лазерной энергии на образование качественного реза имеют в обоих случаях близкую величину.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания на 2021–2023 гг., проект № 121030900259-0.

Список использованных источников

1 **Malikov, A., Orishich, A., Bulina, N., Karpov, E., Sharafutdinov, M.** Effect of post heat treatment on the phase composition and strength of laser welded joints of an Al–Mg–Li alloy, *Mater. Sci. Eng. – A*. 765 (2019) 138302. – doi: 10.1016/j.msea.2019.138302.

2 **Malikov, A., Orishich, A., Golyshev, A., Karpov, E.** Manufacturing of high-strength laser welded joints of an industrial aluminum alloy of system Al-Cu-Li by means of post heat treatment. – *J. Manuf. Process.* – 41 (2019) 101–110. – doi: 10.1016/J.JMAPRO.2019.03.037.

3 **Sharifi, M., Akbarifi, M.** Experimental investigation of the effect of process parameters on cutting region temperature and cutting-edge quality in laser cutting of AL6061T6 alloy. – *Optik*, 184, 457 (2019).

4 **Riveiro, A., Quintero, F., Lusquinos, F., Comesana, R., Pou, J.** Parametric investigation of CO₂ laser cutting of 2024-T3 alloy. *Journal of Materials Processing Technology* 210 (2010) 1138–1152.

5 **Stournaras, A., Stavropoulos, P., Salonitis, K. Chryssolouris, G.** An investigation of quality in CO₂ laser cutting of aluminum. – *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 2 (2009) 61–69.

6 **Jankovic, P., Madic, M., Radovanovic Miroslav, Petkovic, D., Mladenovic, S.** Optimization of Surface Roughness from Different Aspects in High-Power CO₂ Laser Cutting of AA5754 Aluminum Alloy. – *Arabian Journal for Science and Engineering* (2019) 44:10245–10256.

7 **Rivero, A., Quintero, F., J. del Val, Boutinguiza, M., Wallerstein, D., Comesana, R., Lusquinos, F., Pou, J.** Laser cutting of aluminum alloy 2024-T3. – *Procedia Manufacturing*, 13, (396) 2017.

8 **Shulyatyev, V. B., Orishich, A. M.** Cutting of aluminum alloys with a Q-switched repetitively pulsed CO₂ laser under condition of intense material evaporation. – *AIP Conference Proceedings* 2167, 020334 (2019).

9 **Malov, A. N., Orishich, A. M., Shulyatyev, V. B.** High-power repetitively pulsed CO₂ laser with mechanical Q-switching and its application to studies in aerodynamic installations. – *Quantum Electronics*, 41, 1027 (2011).

10 **Shulyatyev, V. B., Orishich, A. M.** Generation of a laser beam with a high peak brightness in a CO₂ laser with continuous pumping and mechanical Q-switching. *AIP Conference Proceedings*, 2019.

11 **Прохоров, А. М., Конов, В. И., Урсу, И., Михэилеску, И. Н.** Взаимодействие лазерного излучения с металлами. – М. : Наука, 1988.

12 *LIA Handbook of Laser Material Processing.* F. Ready, Ed. in Chief, Laser Institute of America, Magnolia Publishing, Inc.

13 **Malov, A. N., Orishich, A. M.** Formation of an optical pulsed discharge in a supersonic air flow by radiation of a repetitively pulsed CO₂ laser. – *Quantum Electronics* 42(9), 843(2012).

14 **Bobarykina, T. A., Malov, A. N., Orishich, A. M., Chirkashenko, V. F., Yakovlev, V. I.** Optical discharge with absorption of repetitive CO₂ laser pulses in supersonic air flow : wave structure and condition of a quasi-steady state. – *Quantum Electronics*, 44(9), 836 (2014).

15 **Hirano K., Fabbro R.** Possible explanations for different surface quality in laser cutting with 1 and 10 mm beams. – *Journal Laser Applications* 24, 012006 (2012). doi: 10.2351/1.3672477.

16 **Orishich, A. M., Golyshev, A. A., Shulyatyev, V. B., Galev, R. V., Kudryavtsev, A. N.** Beam polarization effect on the surface quality during steel cutting by a CO₂ laser. – *Journal of Laser Applications* 30, 012006 (2018). – doi:10.2351/1.5020365.

17 **Steen, W.** *Laser Material Processing*. – Springer, 2003.

18 **Pandey, A. K., Dubey, A. K.** Taguchi based fuzzy logic optimization of multiple quality characteristics in laser cutting of Duralumin sheet. – *Optics and Lasers in Engineering* 50 (2012) 328–335.

References

1 **Malikov, A., Orishich, A., Bulina, N., Karpov, E., Sharafutdinov, M.** Effect of post heat treatment on the phase composition and strength of laser welded joints of an Al–Mg–Li alloy, *Mater. Sci. Eng. – A*. 765 (2019) 138302. – doi: 10.1016/j.msea.2019.138302.

2 **Malikov, A., Orishich, A., Golyshev, A., Karpov, E.** Manufacturing of high-strength laser welded joints of an industrial aluminum alloy of system Al-Cu-Li by means of post heat treatment. – *J. Manuf. Process.* 41 (2019) 101–110. – doi: 10.1016/J.JMAPRO.2019.03.037.

3 **Sharifi, M., Akbarifi, M.** Experimental investigation of the effect of process parameters on cutting region temperature and cutting-edge quality in laser cutting of AL6061T6 alloy. – *Optik*, 184, 457 (2019).

4 **Riveiro, A., Quintero, F., Lusquinos, F., Comesana, R., Pou, J.** Parametric investigation of CO₂ laser cutting of 2024-T3 alloy. *Journal of Materials Processing Technology* 210 (2010) 1138–1152.

5 **Stournaras, A., Stavropoulos, P., Salonitis, K., Chryssolouris, G.** An investigation of quality in CO₂ laser cutting of aluminum. – *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 2 (2009) 61–69.

6 **Jankovic, P., Madic, M., Radovanovic, Miroslav, Petkovic, D., Mladenovic, S.** Optimization of Surface Roughness from Different Aspects in High-Power CO₂ Laser Cutting of AA5754 Aluminum Alloy. – *Arabian Journal for Science and Engineering* (2019) 44:10245–10256.

7 **Rivero, A., Quintero, F., J. del Val, Boutinguiza, M., Wallerstein, D., Comesana, R., Lusquinos, F., Pou, J.** Laser cutting of aluminum alloy 2024-T3. – *Procedia Manufacturing*, 13, (396) 2017.

8 **Shulyatyev, V. B., Orishich, A. M.** Cutting of aluminum alloys with a Q-switched repetitively pulsed CO₂ laser under condition of intense material evaporation. – *AIP Conference Proceedings* 2167, 020334 (2019).

9 **Malov, A. N., Orishich, A. M., Shulyatyev, V. B.** High-power repetitively pulsed CO₂ laser with mechanical Q-switching and its application to studies in aerodynamic installations. *Quantum Electronics*, 41, 1027 (2011).

10 **Shulyatyev, V. B., Orishich, A. M.** Generation of a laser beam with a high peak brightness in a CO₂ laser with continuous pumping and mechanical Q-switching. – *AIP Conference Proceedings*, 2019.

11 **Прохоров, А. М., Конов, В. И., Урсу, И., Михэилеску, И. Н.** Взаимодействие лазерного излучения с металлами. – М. : Наука, 1988.

12 *LIA Handbook of Laser Material Processing.* F. Ready, Ed. in Chief, Laser Institute of America, Magnolia Publishing, Inc.

13 **Malov, A. N., Orishich, A. M.** Formation of an optical pulsed discharge in a supersonic air flow by radiation of a repetitively pulsed CO₂ laser. – *Quantum Electronics* 42(9), 843(2012).

14 **Bobarykina, T. A., Malov, A. N., Orishich, A. M., Chirkashenko, V. F. Yakovlev, V. I.** Optical discharge with absorption of repetitive CO₂ laser pulses in supersonic air flow: wave structure and condition of a quasi-steady state. – *Quantum Electronics*, 44(9), 836 (2014).

15 **Hirano, K., Fabbro, R.** Possible explanations for different surface quality in laser cutting with 1 and 10 μm beams. *Journal Laser Applications* 24, 012006 (2012). – doi: 10.2351/1.3672477.

16 **Orishich, A. M., Golyshv, A. A., Shulyatyev, V. B., Galev, R. V., Kudryavtsev, A. N.** Beam polarization effect on the surface quality during steel cutting by a CO₂ laser. – *Journal of Laser Applications* 30, 012006 (2018). – doi:10.2351/1.5020365.

17 **Steen, W.** *Laser Material Processing.* – Springer, 2003.

18 **Pandey, A. K., Dubey, A. K.** Taguchi based fuzzy logic optimization of multiple quality characteristics in laser cutting of Duralumin sheet. – *Optics and Lasers in Engineering* 50 (2012) 328–335.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

***В. Б. Шулятьев, А. Г. Маликов**

С. А. Христианович атындағы Теориялық және қолданбалы механика институты Ресей Ғылым академиясының Сібір бөлімшесі,

Ресей Федерациясы, Новосибирск қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

МАТЕРИАЛДЫҢ ҚАРҚЫНДЫ БУЛАНУЫ ЖАҒДАЙЫНДА АВИАЦИЯЛЫҚ АЛЮМИНИЙ ҚОРЫТПАЛАРЫН ЛАЗЕРЛІК КЕСУ

Материалдың булануы дамыған кезде сапа модуляциясы мен жоғары шыңы бар импульсті-периодты CO_2 лазерінің сәулеленуімен алюминий қорытпаларын кесу сипаттамалары эксперименталды түрде зерттелді. Қалыңдығы 1,5 мм және 2 мм $Al-Mg-Li$ және $Al-Cu-Li$ жүйелерінің алюминий қорытпаларының парақтары кесіліп, аргон мен ауа технологиялық газ ретінде пайдаланылды. Аргон мен ауаны қолданған кезде кесу бетінің морфологиясы айтарлықтай ерекшеленетіні анықталды. Лазерлік плазмалық кесу режимі алғаш рет кесу процесінде аргон ағынындағы оптикалық разряд сақталған кезде жүзеге асырылды. 0,5 bar аргон қысымымен бетінің төмен кедір-бұдырымен және граттарсыз кесілген, бұл үздіксіз лазермен кесу кезінде жоғары кесу сапасына қол жеткізілетін мәндерден едәуір төмен. Алюминий қорытпасын лазерлік плазмалық кесу және үздіксіз CO_2 лазерімен кесу кезінде жоғары сапалы кесуді жасауға арналған лазерлік энергияның нақты шығындары жақын.

Кілтті сөздер: алюминий-литий қорытпасы, импульстік-периодты CO_2 -лазер, сапа модуляциясы, лазерлік-плазмалық кесу, бетінің сапасы.

***V. B. Shulyatyev, A. G. Malikov**

S. A. Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation, Novosibirsk.
Material received on 15.06.21.

LASER CUTTING OF AVIATION ALUMINUM ALLOYS UNDER CONDITIONS OF INTENSIVE EVAPORATION OF THE MATERIAL

The characteristics of the aluminum alloys cutting by the radiation of a pulsed periodic CO_2 laser with Q -factor modulation and high peak power, when there is a developed evaporation of the material, are experimentally studied. Sheets of aluminum alloys of the $Al-Mg-Li$ and $Al-Cu-Li$ systems with a thickness of 1.5 mm and 2 mm were cut, and argon and air were used as process gas. It was found that the morphology of the cut surface is significantly different when using argon and air. For the first time, a laser-plasma cutting mode is implemented, when an optical discharge in an argon stream is maintained during the cutting process. A cut with a low surface roughness and no deburring was obtained at an argon pressure of 0.5 bar, which is significantly lower than the values at which a high cut quality is achieved in the case of continuous laser cutting. The specific cost of laser energy for creating a high-quality cut is similar for laser-plasma cutting of aluminum alloy and cutting with a continuous CO_2 laser.

Keywords: aluminum-lithium alloy, pulsed-periodic CO_2 laser, Q -factor modulation, laser-plasma cutting, surface quality.

Н. Н. Годына¹, ***С. И. Дерезягин**², **С. А. Стаценко**³

^{1,3}Инновационный Евразийский университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

²Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар

ФОРМИРОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИХ СОПРЯЖЕНИИ ПОД ДЕЙСТВИЕ СИЛОВОГО ЗАМЫКАНИЯ

В данной статье рассматривается механизм образования погрешности установки в процессе силового закрепления. Рассмотрено влияние макро-микронеровностей на формирование конечного положения координатной системы деталей при закреплении. Показана возможность расчета точности взаимного расположения соединяемых деталей в зависимости от топографии сопрягаемых поверхностей.

Ключевые слова: микро-макронеровности, точность взаимного расположения, силовое замыкание, топография сопрягаемых поверхностей.

Введение

Отличительной особенностью контактирования заготовки с опорами является индивидуальность образования площадок контакта в каждом стыке «опора-заготовка» [1-6]. В общем случае следует выделить два этапа образования площадок контакта заготовки с опорами в процессе установки. Первый этап связан с базированием заготовки, второй – с закреплением. По завершению этапа базирования будут образованы первоначальные зоны касания заготовки с опорами. Местонахождение таких зон зависит от рельефа поверхности установочной базы в местах расположения опор, а так же от места приложения и направления силы веса заготовки. Неточности изготовления и сборки зажимных механизмов, погрешности формы контактируемых поверхностей зажимных элементов и заготовки приводят к тому, что силы закрепления прикладываются к заготовке не одновременно, а в какой-то последовательности, случайной в каждом конкретном случае закрепления. В связи с этим, силы, прикладываемые в первую очередь, создают опрокидывающие моменты относительно линий, проходящих через первоначальные зоны касания заготовки с опорами, выводя заготовку из равновесия, достигнутого при базировании. Опрокидываясь, заготовка может терять контакт с некоторыми опорами приспособления или может контактировать с опорами в других точках. Приложение последующих сил закрепления так же изменяет положение заготовки. В конечном итоге после приложения всех сил закрепления заготовка займет устойчивое положение.

Таким образом, на этапе закрепления, на формирование конечного положения заготовки относительно опор приспособления оказывают влияние взаимное расположение первоначальных зон касания на опорах и точек приложения сил закрепления заготовки [7, 8].

Материалы и методы

Из множества возможных вариантов расположения зон первоначального касания заготовки с опорами, отдельные из них оказываются более благоприятными для сохранения достигнутого положения заготовки при базировании. К таким следует отнести варианты, когда линии, проходящие через зоны первоначального касания заготовки с опорами, охватывают точки приложения сил закрепления. Образование зон первоначального контакта заготовки с опорами представлено на рисунке 1, где зоны контакта заготовки с опорами обозначены как – 1, 2, 3. В этом случае контактирование заготовки с каждой опорой при приложении сил закрепления будет происходить по схеме контактирования двух твердых тел с плоскими поверхностями. Перемещение заготовки на каждой опоре в направлении действия сил закрепления будет осуществляться за счет пластических деформаций шероховатости и упругих деформаций выпуклостей поверхности установочной базы в местах расположения опор.

В общем случае перемещение $Z_{кд}$ заготовки на рассматриваемой опоре в направлении действия силы закрепления можно определить как:

$$Z_{кд} = Z_{ш} + Z_{в} \tag{1}$$

где $Z_{ш}$ – перемещение заготовки за счет деформации шероховатости;
 $Z_{в}$ – перемещение заготовки за счет деформации выпуклостей.

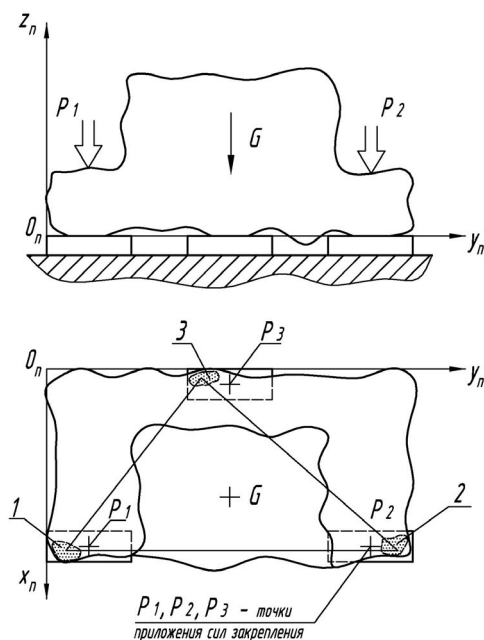


Рисунок 1 – Образование зон первоначального контакта заготовки с опорами

Определение значений Z_{III} и Z_B , входящих в формулу 1 не представляет сложности. Используя зависимости, полученные в исследованиях Н. Б. Демкина [4, 5, 9] для волнистых поверхностей, можем определить

$$Z_{III} = 4,1 \cdot R_a \cdot \left(\frac{P_c}{P_r} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

и

$$Z_B = 1,8 \cdot H_B^{0,85} \cdot R_B^{0,16} \cdot (\theta_\Sigma \cdot P_a)^{0,3} \quad (3)$$

где R_a – среднеарифметическое отклонение профиля базовой поверхности:

P_c, P_r, P_a – соответственно контурное, фактическое и номинальное удельное давление;

H_B – максимальная высота волны;

R_B – радиус волны;

θ_Σ – упругая постоянная материала для двух деформируемых поверхностей

$$\theta_\Sigma = \theta_1 + \theta_2 \quad \text{или} \quad \theta_\Sigma = \frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2};$$

где μ – коэффициент Пуассона;

E – модуль упругости.

Фактическое давление стыка рассчитывается по формуле

$$P_r = 0,8 \cdot \left(\frac{R_a}{r \cdot \theta^2} \right)^{0,4} \cdot P_c^{0,2};$$

где $r = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$ – приведенный радиус неровностей.

Подставим значение Z_{III} и Z_B в формулу 1 получим

$$Z_{КД} = 4,1 \cdot R_a \cdot \left(\frac{P_c}{P_r} \right)^{\frac{1}{2}} + 1,8 \cdot H_B^{0,85} \cdot R_B^{0,16} \cdot (\theta_\Sigma \cdot P_a)^{0,3} \quad (4)$$

Неблагоприятными условиями для сохранения достигнутого положения заготовки при базировании являются варианты, когда точки приложения сил закрепления окажутся вне линий, проходящих через зоны первоначального касания заготовки с опорами. Условия появления опрокидывания заготовки при закреплении представлено на рисунке 2, где зоны первоначального контакта обозначены как – 1, 2, 3. В этом случае контактирование заготовки с

рассматриваемой опорой при приложении силы закрепления будет происходить следующим образом. При приложении силы закрепления заготовка будет находиться в равновесии до тех пор, пока не будет нарушено равенство

$$P_3 \cdot l_p = P_T \cdot l_T \quad (5)$$

где P_3 – сила закрепления заготовки, действующая нормально к рассматриваемой опоре;

l_p – расстояние между точкой приложения силы закрепления и линией, проходящей через первоначальные зоны касания, относительно которой рассматривается поворот заготовки;

P_T – сила веса заготовки;

l_T – расстояние между местом нахождения центра тяжести заготовки и линией, проходящей через первоначальные зоны касания, относительно которой рассматривается поворот заготовки.

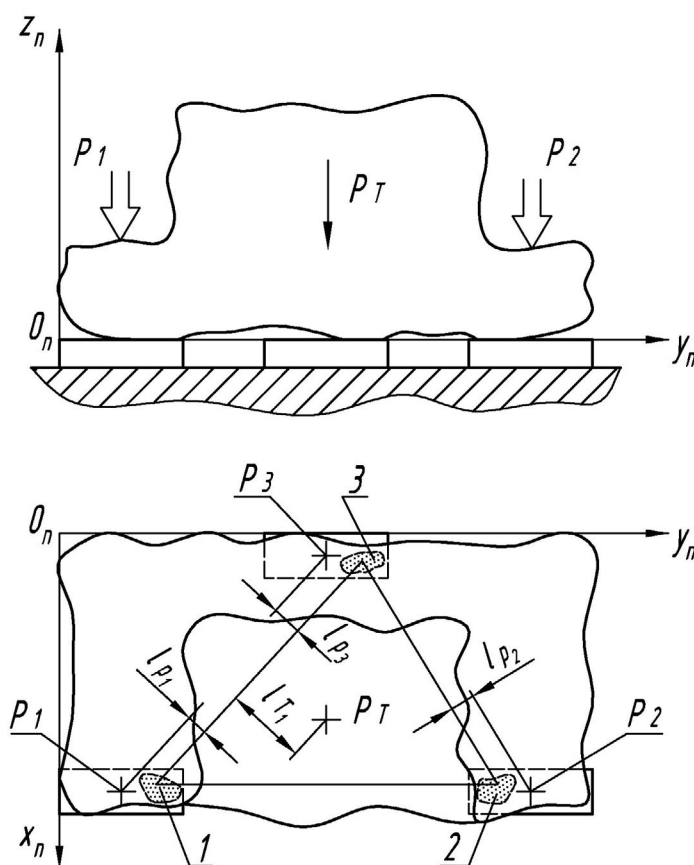


Рисунок 2 – Условия появления опрокидывания заготовки при закреплении

Процесс контактирования заготовки с опорой до опрокидывания сопровождается пластическими деформациями шероховатости и упругой

деформацией выпуклостей поверхности установочной базы, на которой сформирована первоначальная зона касания заготовки с рассматриваемой опорой.

При дальнейшем увеличении силы закрепления возникает опрокидывающий момент в сторону опоры, относительно которой приложена сила, что приведет к формированию новых площадок контакта заготовки с рассматриваемой опорой. Контактное взаимодействие заготовки с опорами при появлении опрокидывающего момента при закреплении представлено на рисунке 3. Поворот заготовки в направлении действия силы закрепления будет происходить до тех пор, пока не будут сформированы новые зоны контакта заготовки с опорой, образующие треугольник, охватывающий направление действий силы закрепления.

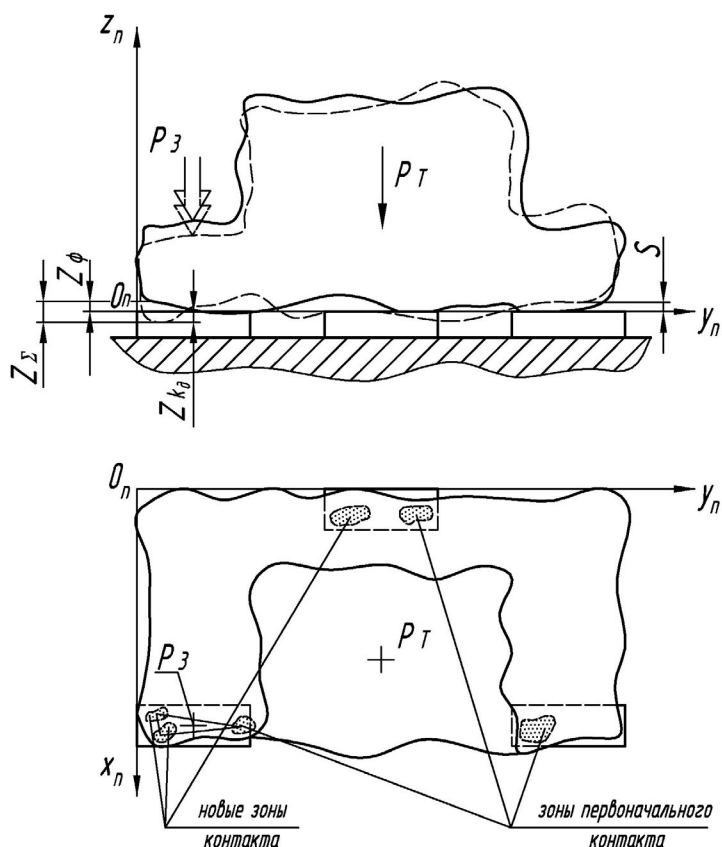


Рисунок 3 – Контактное взаимодействие заготовки с опорами

Это явление в данной работе получило название «консольного эффекта». На формирование новых площадок контакта заготовки с опорой окажет влияние отклонения формы поверхности установочной базы в месте расположения рассматриваемой опоры.

Таким образом, максимально возможное перемещение Z_Σ заготовки на рассматриваемой опоре в направлении действия силы закрепления можно определить как

$$Z_{\Sigma} = Z_{\kappa\delta} + Z_{\phi} \quad (6)$$

где $Z_{\kappa\delta}$ – перемещение заготовки за счет упругопластических деформаций на площадках контакта;

Z_{ϕ} – перемещение заготовки за счет отклонения формы поверхности установочной базы в месте расположения опоры.

Подставляя в формулу 6 значение $Z_{\kappa\delta}$ получим

$$Z_{\Sigma} = \left[4,1 \cdot R_a \cdot \left(\frac{P_c}{P_r} \right)^{\frac{1}{2}} + 1,8 \cdot H_B^{0,85} \cdot R_B^{0,16} \cdot (\theta_{\Sigma} \cdot P_a)^{0,3} \right] + Z_{\phi} \quad (7)$$

Величина Z_{ϕ} определяется на основании знания рельефа поверхности установочной базы в месте расположения рассматриваемой опоры.

При максимальном перемещении заготовки относительно опоры может произойти потеря контакта с некоторыми из опор приспособления. В этом случае при приложении последующих сил закрепления восстановление контакта будет осуществляться за счет собственных деформаций заготовки при недостаточной ее жесткости или за счет касательных смещений заготовки в нагруженных стыках, при достаточной жесткости заготовки. Таким образом, в общем случае погрешность закрепления заготовки можно выразить схематической зависимостью:

$$\omega_3^{нб} = \omega_{Z_{\mu}} + \omega_{Z_{\delta}} + \omega_{Z_{\phi}} + \omega_{S\delta} \quad (8)$$

$$\omega_3^{наим} = \omega_{Z_{\mu}} + \omega_{Z_{\delta}} \quad (9)$$

где $\omega_3^{нб}$, $\omega_3^{наим}$ – соответственно наибольшие и наименьшие погрешности закрепления;

$\omega_{Z_{\mu}}$ – погрешности, связанные с деформациями шероховатости поверхности установочной базы заготовки;

$\omega_{Z_{\delta}}$ – погрешности, связанные с деформациями выпуклостей поверхности установочной базы заготовки;

$\omega_{Z_{\phi}}$ – погрешности, связанные с перемещением заготовки за счет отклонения формы поверхности установочной базы заготовки в местах расположения опор;

$\omega_{S\delta}$ – погрешности, вызванные собственными деформациями заготовки.

Результаты и обсуждение

Такой многократный разворот при контактном взаимодействии сопрягаемых деталей был подтвержден и при сборке [2, 10]. В экспериментах на сопрягаемых деталях были установлены измерительные индуктивные датчики. За нулевое положение принималось положение сопряжения деталей под собственным

весом. Для изменения собственных деформаций деталей при силовом замыкании использовались тензометрические датчики. Было установлено, что собственные деформации деталей стабилизировались после обеспечения относительно устойчивого контактного взаимодействия деталей.

Выводы

Проведенные исследования подтвердили предположение, что зная топографию сопрягаемых поверхностей и имея возможность рассчитать контактные и собственные деформации деталей, возможно управлять точностью взаимного расположения, изменяя величину и порядок приложения силового замыкания как в процессе механической обработке так и при сборке изделий.

Список использованных источников

1 **Горячева, И. Г., Добычин, М. Н.** Контактные задачи в трибологии. – М. : Машиностроение, 1988. – 256 с.: ил.

2 **Деревягин, С. И.** Конструктивно-технологическое обеспечение качества герметичных прецизионных соединений. / МВТУ. – М., 1988. – 24 с. – Деп. во ВНИИТЭМР 05.08.88, № 309-мш.

3 **Тастенов, Е. К., Ромасев, К. Н.** Оценка формирования погрешности обработки детали торцовой фрезой // Наука и техника Казахстана. – 2005. – № 2. – С. 145–149.

4 **Демкин, Н. Б., Рыжов, Э. В.** Качество поверхности и контакт деталей машин. – М. : Машиностроение, 1981. – 244 с.

5 **Крагельский, И. В., Добычин, М. Н., Комбалов, В. С.** Основы расчета на трение и износ. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с., ил.

6 **Левина, З. М., Решетов, Д. Н.** Контактная жесткость машин. – М. : Машиностроение, 1971. – 264 с.

7 **Волков, Е. Б., Хусаинов, Р. М., Юрасов, С. Ю.** Моделирование формирования погрешностей зубчатых венцов при обработке на зубофрезерных станках // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 6. – С. 95–98.

8 **Нуржанов, А. Н., Стаценко, С. А., Деревягин, С. И.** Влияние контактных деформаций на относительное положение деталей в процессе закрепления. // Технология машиностроения и автоматизация. – Алма-Ата, 1978. – Вып. 7. – С. 180–183.

9 Трение, изнашивание и смазка. Справочник в 2-х книгах./ Под ред. И. В. Крагельского и В. В. Алисина. – М. : Машиностроение, 1978, – 758 с.

10 **Барзов, А. А., Денчик, А. И., Мусина, Ж. К., Ткачук, А. А.** Разработка аналитической модели вероятностного формирования точности исполнительного размера с учетом влияния масштабного фактора // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 1. – С. 19–29.

References

- 1 **Goryacheva, I. G., Dobychin, M. N.** Contact problems in tribology. – M. : Mashinostroyeniye, 1988. – 256 p.: ill.
- 2 **Derevyagin, S. I.** Constructive and technological assurance of the quality of hermetically sealed precision joints. / MVTU. – M., 1988. – 24 p. – Dep. in VNIITEMR 08/05/88, No. 309-msh.
- 3 **Tastenov, E. K., Romasev, K. N.** Evaluation of the formation of the error of processing a part with a face mill. Nauka i tekhnika Kazakhstana. – 2005. – No. 2. – P. 145–149.
- 4 **Dyomkin, N. B., Ryzhov, Ye. V.** Surface quality and contact of machine parts. – M. : Mashinostroyeniye, 1981. – 244 p.
- 5 **Kragelskiy, I. V., Dobychin, M. N., Kombalov V. S.** Fundamentals of friction and wear analysis. – M. : Mashinostroyeniye, 1977. – 526 p.: ill.
- 6 **Levina, Z. M., Reshetov, D. N.** Contact stiffness of machines. – M. : Mashinostroyeniye, 1971. – 264 p.
- 7 **Volkov, E. B., Khusainov, R. M., Yurasov, S. Yu.** Modeling of the formation of errors of toothed crowns during processing on gear milling machines // Scientific and Technical Bulletin of the Volga region. – 2019. – No. 6. – P. 95–98.
- 8 **Nurzhanov, A. N., Statsenko, S. A., Derevyagin, S. I.** Influence of contact deformations on the relative position of parts in the process of fastening. // Mechanical engineering technology and automation. – Alma-Ata, 1978. – Issue. 7. – P. 180–183.
- 9 Friction, wear and lubrication. Reference book in 2 books. / Ed. by I. V. Kragelskiy and V. V. Alisina. – M. : Mashinostroyeniye, 1978. – 758 p.
- 10 **Barzov, A. A., Denchik, A. I., Musina, Zh. K., Tkachuk, A. A.** Development of an analytical model of probabilistic formation of the accuracy of the executive size taking into account the influence of the scale factor. – 2021. – No. 1. – P. 19–29.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

Н. Н. Годына¹, ***С. И. Деревягин**², **С. А. Стаценко**³

^{1,3}Инновациялық Еуразия университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

²Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

КҮШТІК ТҰЙЫҚТАЛУ ӘСЕРІНЕН БӨЛШЕКТЕРДІҢ ӨЗАРА ОРНАЛАСУ ҚАТЕЛІГІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ

Бұл мақалада қуатты бекіту процесінде орнату қатесінің пайда болу механизмі қарастырылады. Бекіту кезінде бөлшектердің координаталық жүйесінің соңғы орнын қалыптастыруға макро-микротыңайтқыштардың әсері қарастырылады. Қосылатын беттердің топографиясына байланысты

қосылатын бөліктердің өзара орналасуының дәлдігін есептеу мүмкіндігі көрсетілген.

Түйінді сөздер: микро-макронеровности, дәлдігі өзара орналасуы, күштік түйықталу, жұптасқан беттерін топографиясы.

N. N. Godyna¹, ***S. I. Derevyagin**², **S. A. Statsenko**³

^{1,3}Innovative University of Eurasia,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

²Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 15.06.21.

FORMATION OF PARTS MUTUAL POSITIONING ERROR IN THEIR MATING UNDER THE ACTION OF FORCE CLOSURE

This article discusses the mechanism of installation error formation in the process of force clamping. It considers influence of macro-microroughnesses on the formation of the final position of the parts coordinate system during the process of clamping. The authors show the possibility of calculating the accuracy of relative position of the parts to be joined depending on the topography of the mating surfaces.

Keywords: micro-macroroughness, accuracy of relative position, force closure, topography of mating surfaces.

***G. M. Bazenov**

StrauB LLP,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar

ON THE ISSUE OF THE USE OF WATERJET TREATMENT I N MODERN MECHANICAL ENGINEERING

The article deals with the application of waterjet abrasive processing (cutting) in mechanical engineering. The data on the application areas, advantages, disadvantages and technological capabilities, as well as the world leaders in the production of waterjet cutting machines with technological characteristics are presented.

In waterjet processing, the process is most influenced by the technological parameters: the speed of the jet, the grain size of the abrasive, the angle of inclination of the jet, the distance from the nozzle to the surface to be treated.

Thus, the use of waterjet processing ensures minimal heat generation and accurate cutting of materials, the equipment is completely versatile and economical compared to plasma processing of the material reaching a cutting speed of 30,000 mm / min without affecting the quality of the cut, as well as the absence of surface heating, the likelihood of sparks make the use of water-abrasive machines as convenient and safe as possible.

Keywords: hydraulic cutting, waterjet cutting, abrasive, non-traditional processing methods, cutting jet, water jet cutting.

Introduction

In modern mechanical engineering, very often high requirements are placed on the quality of metal cutting, which makes it impossible to use traditional equipment: guillotines or plasma cutting. Metal cutting with water (other names are «water cutting», «water jetting», «water jet» or «water jet cutting», as well as «water jet «from the English» waterjet») has been used since the 60s of the last century.

For the first time, the waterjet method was used for cutting metal by an aircraft manufacturer in the United States. Later, the company officially announced that this method is optimal for cutting metal and other high-strength materials. Now it should be noted that American companies are the leader in the use of «waterjet» [1, 2].

In the world practice, considerable experience has been accumulated in cutting materials along a complex contour using mechanical methods, ultrasound energy, plasma, laser, water jet, etc. For cutting blanks from a sheet with a thickness of up to 10 mm, laser cutting is most preferable, as it is more productive and less energy-intensive [3-5].

The global hydraulic cutting equipment market is projected to reach \$1.15 billion by 2020, according to analysts at Global Industry Analysts, Inc. The largest player in this

market is the United States. In second place is the EU. Now there is a rapid development of the market in the Asia-Pacific region (APR) (China, Taiwan, India and Vietnam). The average annual growth rate of the market in the Asia-Pacific region in 2006-2012 was 11 %. The latter is due to the relocation of production facilities to these cheaper countries from economically developed countries in Europe and America, the development of the automotive industry, and the overall growth of capital investments in the aerospace, mining, construction, and maritime transport industries. An important role is played by the stable economic development of China, South Korea, India, Malaysia and Taiwan.

The high average annual growth rate of the global hydraulic cutting equipment market from 2013 to 2020 in the amount of 9.3% is also predicted by the research company TechNavio (UK) [6].

When mass cutting of the same type of parts from sheets, batch cutting is used. In this case, the cost of cutting one linear meter of metal with a waterjet jet, as the main competitor to the laser, does not exceed the cost of laser cutting [7].

The feasibility of using batch cutting of materials with a waterjet jet is determined by the following advantages: the ability to cut thin-sheet parts along any contour without melting the edges and warping the sheets; reduced abrasive consumption compared to cutting individual sheets; high productivity; identity and accuracy of the shapes of parts cut from a single package [8].

Despite the high productivity, the method of waterjet processing is currently insufficiently studied, which largely constrains its use. The existing information about the regularities of the process is very fragmented and does not allow us to form empirical dependencies for determining the main parameters of the processing quality with this method. In the works devoted to the study of the method of waterjet processing, as a rule, one or more technological parameters that have the greatest impact on the processing process are investigated. On the basis of the studied literature, it can be concluded that these are the jet speed, the grain size of the abrasive, the angle of inclination of the jet, the distance from the nozzle to the treated surface.

Materials and methods

To date, a number of works devoted to the study of the process of waterjet processing, the study of its basic laws and technological capabilities have been completed.

The greatest interest in the field of studying the method of hydroabrasive processing is represented by the works of Nepomnyashchy E. F., Provolotsky A. E., Shmanev V. A., Shulepov A. P., etc. [9-12] These works are devoted to the study of the essence of the method of hydroabrasive processing, some of them present the results of theoretical and experimental studies of the influence of technological parameters of the process on the removal of metal and the roughness of the treated surface.

The author [13] showed that at a low speed, a jet of liquid directed at the metal surface for a short period of time does not leave a noticeable trace on it.

In modern mechanical engineering, finishing operations have a major impact on the quality and performance of parts. The task of improving the quality of products is associated with the improvement of well-known and the development of new, effective finishing methods, among which the leading place is occupied by methods of abrasive

processing. Abrasive processing allows you to ensure the required accuracy and quality of parts with high productivity, as well as high reliability and durability of machines during operation, so the role of abrasive operations in modern mechanical engineering is constantly increasing.

The development and implementation of new technological processes of abrasive processing are subordinated to the general task of further improving the quality of products while ensuring high production efficiency.

Hydroabrasive processing is one of the varieties – processing parts with free abrasives, allows you to process shaped parts that can not be processed on machines.

One of the most modern and promising methods of cutting and producing finished parts is the method of waterjet cutting. Wide ranges of processed thicknesses of materials, the ability to cut almost any materials, high productivity, obtaining a high quality of the cutting surface, the ability to process complex geometry makes this method of processing the most popular in modern production conditions. The absence of thermal effects on the material, low cutting force, and the erosive nature of the destruction do not contribute to the development of internal stresses in the cutting zone.

The process of waterjet cutting is complex, insufficiently studied, the result of which is affected by many technological parameters, such as the pressure of the cutting jet, the nozzle feed, grain size, hardness, abrasive consumption, the distance from the nozzle to the surface to be processed, the physical and mechanical characteristics of the material to be processed. The complexity of designing the cutting process is to choose the optimal cutting modes, which will ensure the desired quality of the surface layer of the part at the lowest cost.

In addition to the advantages, there are disadvantages of this technology, one of which is the uneven distribution of the roughness of the cut surface over the depth of the section, as well as the deterioration in quality with an increase in the nozzle feed. The cut surface is conventionally divided into a zone of smooth and wavy cuts [14].

The essence of waterjet processing

Waterjet cutting is a type of material processing by cutting, where a jet of water or a mixture of water and abrasive material is used as a cutting tool instead of a cutter, emitted at high speed and under high pressure. The method of waterjet cutting of metals and materials has been around for 20 years. The essence of the method is simple. The principle of waterjet cutting is based on the method of separating metals and materials using a high-pressure water jet. Water compressed by the first main component of the system, the multiplier pump, to a pressure of more than 4000 atm, passes through a water nozzle that forms a jet with a diameter of about 0.5 mm, which enters the so-called mixing chamber. In the mixing chamber, the water jet «sucks» the abrasive (for example, garnet sand with particles about 0.4 mm in size) and then passes through a second, hard-alloy nozzle with an internal diameter of 1 mm. From this nozzle, a jet of water with an abrasive comes out at a speed of about 3M (about 1200 m / s) and is directed to the surface of the cut material. After cutting this material, the residual energy of the jet is extinguished by a special water trap. The cutting material is usually located on the coordinate table [15].

The main difference that waterjet metal cutting has from other methods of cutting sheet metal is that the material is not mechanically affected (Table 1). The absence of friction, heating of tools affects the quality of the cut and possible applications. Waterjet cutting of metal with a jet of pure water or an abrasive mixture is also successfully used for cutting the following materials:

- 1 Marble, granite, stone and other rocks;
- 2 Glass, ceramics;
- 3 Steels and metals, including: titanium, stainless steel;
- 4 Reinforced concrete;
- 5 Plastic, textolite, ebonite and paronite plates, rubber.

Table 1 – Advantages of waterjet technology

№	Advantage of waterjet cutting technology	Brief description (explanation)
1.	Wear Resistance	The cutting element of waterjet cutting technology – water jet-has no wear
2.	Minimization of production waste	Due to the variation in the diameter of the water jet, it is possible to cut at any point of the processed material, which reduces the waste generated in the process
3.	Preservation of the original physical and mechanical parameters of the processed material	It is achieved due to the absence of deforming (mechanical or thermal) effects
4.	Environmental friendly and fire-proof technology	The formation of unsafe fumes, melting or burning of the processed material is excluded Gorenje.
5.	Uniqueness	It is the only cutting technology for materials such as ceramics, multilayer and honeycomb structures, composites
6.	Versatility	It has a large range of the thickness of the processed surface, which has made the waterjet machine widely in demand in many industries

Thus, the water cutting method or waterjet cutting can significantly increase the speed and quality of cutting the material. From an economic point of view, the material and energy consumption is significantly reduced (by 20–30 %), due to the use of water energy as a cutting tool in this method. The consumable material here is only water and abrasive material. The most expensive consumable material can be considered the type of abrasive and the nozzle that changes after a certain time. Practice shows that this method is economical, environmentally friendly, and has a number of advantages.

Waterjet Cutting Equipment

The following companies are world leaders in the production of waterjet cutting machines: Flow (USA), OMAX (USA), Jet Edge (USA), PTV (Czech Republic), Waterjet Sweden, Resato (Holland), Bystronic (Switzerland), Caretta Technology (Italy), ALICO (Finland) [16].

In the process of machine tool production, these plants use the highest quality and reliable components and spare parts manufactured by KMT, AccuStream (ultra-high pressure pumps, cutting heads, abrasive feeders, etc.), as well as UHDE, Thueringer,

BHDT. Currently, manufacturers produce mainly waterjet machines with numerical control (CNC).

One of the most modernized machines in recent years is the Flow Mach 4 waterjet cutting machine, which has a modular design and combines all the necessary components for operation. This ensures the most comfortable conditions for its operation and easy access to all working units. Flow Mach 4 is used to solve a wide variety of cutting tasks [16].

The use of waterjet cutting machines is not limited only to the possibility of cutting rolled metal, yet the majority of the equipment continues to be used directly in this area of production. The possibility of using programmable machines with numerical control (CNC) for waterjet cutting of stainless steel, aluminum, copper, and other types of ferrous and non-ferrous metals of different strengths, allowed us to significantly increase and expand the scope of application of the equipment. Thanks to CNC machines, it is possible to produce precise parts with a minimum deviation from the specified dimensions, which is almost impossible to achieve with traditional cutting methods.

The principle of operation of waterjet cutting equipment with CNC is as follows: Software for waterjet cutting on CNC machines is installed. Each material has its own software that automatically selects the composition of the cutting mixture, the jet pressure and other necessary parameters. The program allows you to provide curly cutting of the material. Additional processing – usually after processing the material with the machine, such is not required.

But with the wrong selection of the cutting jet composition, there may be a slight surface roughness after the GAR. The roughness of the cut is practically eliminated when using machines with software. The CNC machine analyzes the cut quality and automatically adjusts the selected mode. In addition to cutting the material, the CNC waterjet metal cutting machine allows you to drill holes of the required diameter. Some CNC waterjet machines contain additional equipment for performing certain operations. After processing the workpiece, a completely finished part is obtained, which does not require additional work on grinding or refining the cutting site.

The most well-known equipment for waterjet Waterjet Sweden AB (Sweden) is the European leader in the production of high-tech precision waterjet cutting machines [17].

The main technical characteristics of some Water jet Sweden waterjet cutting machines are shown in table 2.

Table 2 – Technical characteristics of some Waterjet Sweden waterjet cutting machines

Car model	NC 1010B	NC 3015E(B)	NC 4020E(B)	NC 2560S
Table size, mm	1050x1150	3200x1750	4200x2275	2700x6700
Cutting area, mm	950x1010	3100x1510	4100x2010	2510x6470
The range of movement on the X,Y,Z axis	950 1010 175	3010 (2250) 1510 175	4010 (3010) 2010 250	2510 6470 175 или 250
Positioning accuracy	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$
Feed rate on the X-Y axis, mm/min	0...12000	0...10000	0...12000	0...10000

Feed speed along the Z axis, mm / min	0...4000	0...4000	0...4000	0...4000
Minimum possible distance between the nozzles, mm	90	90	90	-
Maximum possible distance between the nozzles, mm	500	400 (1500)	400 (2010)	-

Results and discussion

Waterjet cutting capabilities:

1 The unique method of material processing using a narrowly directed jet of water under pressure has found its place in many areas of production and art. One of the main advantages of the waterjet cutting method is the complete absence of chipping and surface heating, which are present during the usual cutting of objects.

Thanks to modern technologies and the improvement of machine tools, it was possible to expand their functionality and scope of application;

2 The ability to perform non-standard cutting of the material. Moreover, the change in the incline of the cut does not affect the quality of cutting. The precision of cutting metal at an angle allows you to use the resulting workpieces without further processing. There are machines that are able to operate in a completely autonomous mode without human intervention. At the same time, it is required that a certain program is set up, which regulates the operation of the equipment [18].

Precise shaped waterjet cutting of metal allows you to use the machines in the production of jewelry items, decorative elements and much more. The quality of the cut and the accuracy of the execution of the figures largely depends not on the experience of the worker, but on the quality of the equipment and software used.

Conclusions

Thus, we can formulate the following conclusions:

1 Minimal heat dissipation ensures precise cutting of materials that can be deformed by high temperature;

2 Processability of the cutting process-the machine is completely universal, if necessary, it can be used for drilling.

It is possible to perform the operation independently of atmospheric and other conditions. Manual installations can be used to cut the material even under water or at a depth of several hundred meters;

3 Cost-effective compared to plasma processing of the material-the advantages of water-abrasive cutting are obvious;

4 The cutting speed can reach 30000 mm/ min. And this does not affect the quality of the cut.

If we take into account that only 0.5–1 mm of material is lost during cutting, as well as the accuracy and full compliance of the finished product with the specified dimensions, it becomes obvious that the high profitability of the waterjet cutting installation is obvious;

5 Safety-the machines can be installed even in production with a high risk of explosion, in the manufacture of flammable materials. The absence of surface heating, the

possibility of sparks and other characteristics make the use of water-abrasive machines as convenient and safe as possible.

References

1 **El-Hofy, H.** Advanced machining processes. Nontraditional and Hybrid machining processes. TheMcGraw-Hill Companies – 2005. – P. 32-46

2 **Mendaliyeva, S. I., Kosatbekova, D. Sh., Akulovich, L. M.** Tekhnologiya i oborudovaniye gidrorezki i gidroabrazivnoy obrabotki v sovremennom mashinostroyenii (Technology and equipment for waterjet cutting and waterjet processing in modern mechanical engineering) // Bulletin of Science of the S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. – 2016. – No. 2 (89). – P. 144–153

3 **Galinovskiy, A. L., Tarasov, V. A., Yelfimov, V. M.** Minimizatsiya tekhnologicheskoy sebestoimosti gidroabrazivnogo rezaniya s uche-tom stoimostnykh i tekhnologicheskikh parametrov protsessa obrabotki // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy «Mashinostroyeniye». – 2011. – № 4. – P. 46–54.

4 **Mikheyev, A. V., Barsukov, G. V., Cherepen'ko, A. A., Burnashov, M. A.** Razrabotka tekhnologicheskikh rekomendatsiy po opredeleniyu energoeffektivnoy rezhimnoy oblasti gidroabrazivnogo rezaniya mnogosloynnykh materialov (Development of technological recommendations for determining the energy-efficient regime area of water-jet cutting of multilayer materials) // Fundamental and Applied Problems of Engineering and Technology. – 2015. – No. 5–2 (313). – P. 256–261.

5 **Abashin, M. I., Barzov, A. A., Denchik, A. I., Musina, Zh. K.** Funktsional'nyye vozmozhnosti ul'trastruynogo krekinga nefi (shin M.I., Barzov A.A., Denchik A.I., Musina Zh. K. Functional capabilities of ultrajet cracking of oil // Science and technology of Kazakhstan. 2020. - No. 2. – P. 38–49

6 **Stepanova, Ye. Yu., Kozhus, O. G., Barsukov, G. V.** Innovatsionnyye tekhnologii rezaniya sverkhzvukovoy struyey zhidkosti: ekonomika, rynek, sostoyaniye i perspektivy razvitiya (Innovative technologies for cutting a supersonic fluid jet: economics, market, state and development prospects) // Bulletin of the Bryansk State Technical University. – 2017. – 1 (54). – P. 243–253.

7 **Stepanov, Yu.S., Barsukov, G. V., Alyushin, Ye. G.** Sovremennyye tekhnologii gidro- i gidroabrazivnoy obrabotki zagotovok // Naukoyemkiye tekhnologii v mashinostroyenii. – 2012. – № 6. – P. 15–20.

8 **Stepanov, Yu. S., Barsukov, G. V.** Formirovaniye kachestva poverkhnostnogo sloya detaley pri rezanii sverkhzvukovoy struyey zhidkosti // STIN. – 2003. – № 10. – P. 15–17.

9 **Nepomnyaschii, E. F.** Trenie i iznos pod vozdeistviem strui tverdyh sfericheskikh chastic / E. F. Nepomnyaschii // Kontaktnoe vzaimodeistvie tverdyh tel i raschet sil treniya i iznosa. – Moscow : Nauka, 1971. – P. 190–200.

10 **Provolotskiy, A. Ye.** Struyno-abrazivnaya obrabotka detaley mashin (Abrasive blasting of machine parts). – Kiev : Technique, 1989. – 177 p.

11 **Shmanev, V. A., Shulepov, A. P., Meshcheryakov, A. B.** Struynaya gidroabrazivnaya' obrabotka detaley GTD (Waterjet jet treatment of GTE parts). – М. : Mashinostroenie, 1995. – 144 p.

12 **Tikhonov, A. A.** Povysheniye effektivnosti protsessa gidroabrazivnoy obrabotki : dis. kandidat tekhnicheskikh nauk: 05.02.08 – Tekhnologiya mashinostroyeniya (Improving the efficiency of the process of hydroabrasive treatment: dis. candidate of technical sciences : 05.02.08 – Technology of mechanical engineering). – Rostov-on-Don. 2011. – 156 p.

13 **Bilik, Sh. M.** Abrazivno-zhidkostnaya obrabotka metallov (Abrasive-liquid processing of metals). – Moscow : Mashgiz, 1960. – 198 p.

14 **Verchenko, A. V., Tamarkin, M. A., Kishko, A. A.** Issledovaniye sherokhovatosti poverkhnosti reza pri gidroabrazivnoy rezke (Investigation of the roughness of the cut surface during waterjet cutting)// Advanced Engineering Research. 2017. – 2 (89). – P. 116–130.

15 **Bogomolova, D. V., Feshchenko, A. S.** Gidroabrazivnaya obrabotka materialov (Waterjet processing of materials) // Materials of the VIII International Student Scientific Conference «Student Scientific Forum» URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016021538> (date accessed: 14.06.2021)

16 **Yang, G.** Advances in future manufacturing engineering. – Hong Kong, Kowloon : International Materials Science Society, Hong Kong 2014. – pp. 245-335.

17 **Nee, Andrew Y. C.** Editor. Handbook of manufacturing engineering and technology. London: Springer Reference, 2015. – P. 410-445

18 **El-Hofy, H.** Surface Generation in Non-conventional Machining, MDP-6 Conf., Cairo. – 1996. – P. 210–213.

Material received on 15.06.21.

Ғ. М. Базенов

«StrauB» ЖШС,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ МАШИНА ЖАСАУДА ГИДРОАБРАЗИЯЛЫҚ ӨНДЕУДІ ҚОЛДАНУ МӘСЕЛЕСІНЕ

Мақалада машина жасауда гидроабразивті өңдеуді (кесуді) қолдану мәселелері қарастырылған. Қолдану салалары, артықшылықтары, кемшіліктері және технологиялық мүмкіндіктері, сондай-ақ технологиялық сипаттамалары бар су абразивті кесетін қондырғыларды шығаратын әлемдік көшбасшылар туралы мәліметтер келтірілген.

Су абразивті өңдеу кезінде технологиялық параметрлер процеске үлкен әсер етеді: ағынның жылдамдығы, абразивті дән, ағынның көлбеу бұрышы, саптамадан өңделетін бетке дейінгі қашықтық.

Осылайша, су абразивті өңдеуді қолдану минималды жылу шығаруды және материалдарды дәл кесуді қамтамасыз етеді, жабдық кесу сапасына әсер етпестен 30000 мм/ мин кесу жылдамдығына қол жеткізе отырып, материалды плазмалық өңдеумен салыстырғанда толығымен әмбебап және үнемді, сонымен қатар бетті қыздырудың болмауы, ұшқынның пайда болу ықтималдығы су абразивті машиналарды қолдануды мүмкіндігінше ыңғайлы және қауіпсіз етеді.

Кілтті сөздер: гидрорезка, гидроабразивті өңдеу, абразив, дәстүрлі емес өңдеу әдістері, кескіш ағын, су ағысымен кесу.

Г. М. Базенов

ТОО «StrauB»,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

В статье рассмотрены вопросы применения гидроабразивной обработки (резки) в машиностроении. Приведены данные об областях применения, преимущества, недостатки и технологические возможности, а также мировые лидеры по производству установок для гидроабразивной резки с технологической характеристикой.

При гидроабразивной обработке наибольшее влияние на процесс оказывают технологические параметры: скорость струи, зернистость абразива, угол наклона струи, расстояние от сопла до обрабатываемой поверхности.

Таким образом, применение гидроабразивной обработки обеспечивает минимальное тепловыделение и точный рез материалов, оборудование является полностью универсальным и экономичным по сравнению с плазменной обработкой материала достигая скорости разрезания 30000 мм/ мин не влияя на качество реза, а также отсутствие нагревания поверхности, вероятности возникновения искры делают применение водно-абразивных станков максимально удобным и безопасным.

Ключевые слова: гидрорезка, гидроабразивная обработка, абразив, нетрадиционные методы обработки, режущая струя, водоструйная резка.

МРНТИ 53.31.19

<https://doi.org/10.48081/PWKF7337>

***Ж. Г. Суханова, К. К. Шабенов**

ПФ ТОО «KSP Steel»,
Республика Казахстан, г. Павлодар

ПРОИЗВОДСТВО ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНА ТШХН-50

В работе рассмотрена технология производства трубопрокатных валков из чугуна с шаровидным графитом марки ТШХН-50 в комбинированные литейные формы.

Химический состав чугуна ТШХН-50 для валков согласно СТО-005-2019 составляет, %: 2,7-3,9 С; 1,2-2,6 Si; 0,4-1,0 Mn; 0,2-1,0 Cr; 0,8-1,6 Ni; $\leq 0,30$ P; $\leq 0,02$ S.

Для внепечной сфероидизирующей обработки исходного чугуна для сплава ТШХН используется магнийсодержащий комплексный модификатор Ферромаг 611 фракцией 3,0–10,0 мм.

Для сфероидизирующей обработки исходного жидкого чугуна магнийсодержащим модификатором используются разливочные ковши емкостью 5 тонн с реакционной камерой.

Теплоизоляция прибылей осуществляется смесью асбестовой крошки с коксиком (1:1).

Анализ технико-экономических показателей производства трубопрокатных валков из ТШХН-50 в условиях ПФ ТОО «KSP Steel» за 2018 – 2020 годы показывает повышенную себестоимость производства валков по сравнению с конкурентами из Китая и России.

Наблюдается повышенный расход магнийсодержащего модификатора (до 10–20 %), повышенный расход металла на литниково-питающую систему (до 15–30 %).

Резервами снижения затрат на производство валков являются снижение расхода металла на литники за счет дополнительных мероприятий по снижению теплотерь в прибылях и магнийсодержащего модификатора за счет применения более рациональных методов ввода модификатора в чугун.

Ключевые слова: высокопрочный чугун, трубопрокатные валки, литье, магний, сфероидизирующая обработка.

Введение

В условиях литейного цеха ПФ ТОО «KSP Steel» производят трубопрокатные валки из чугуна с шаровидным графитом марки ТШХН-50 по СТО-005-2019 (рисунок 1).

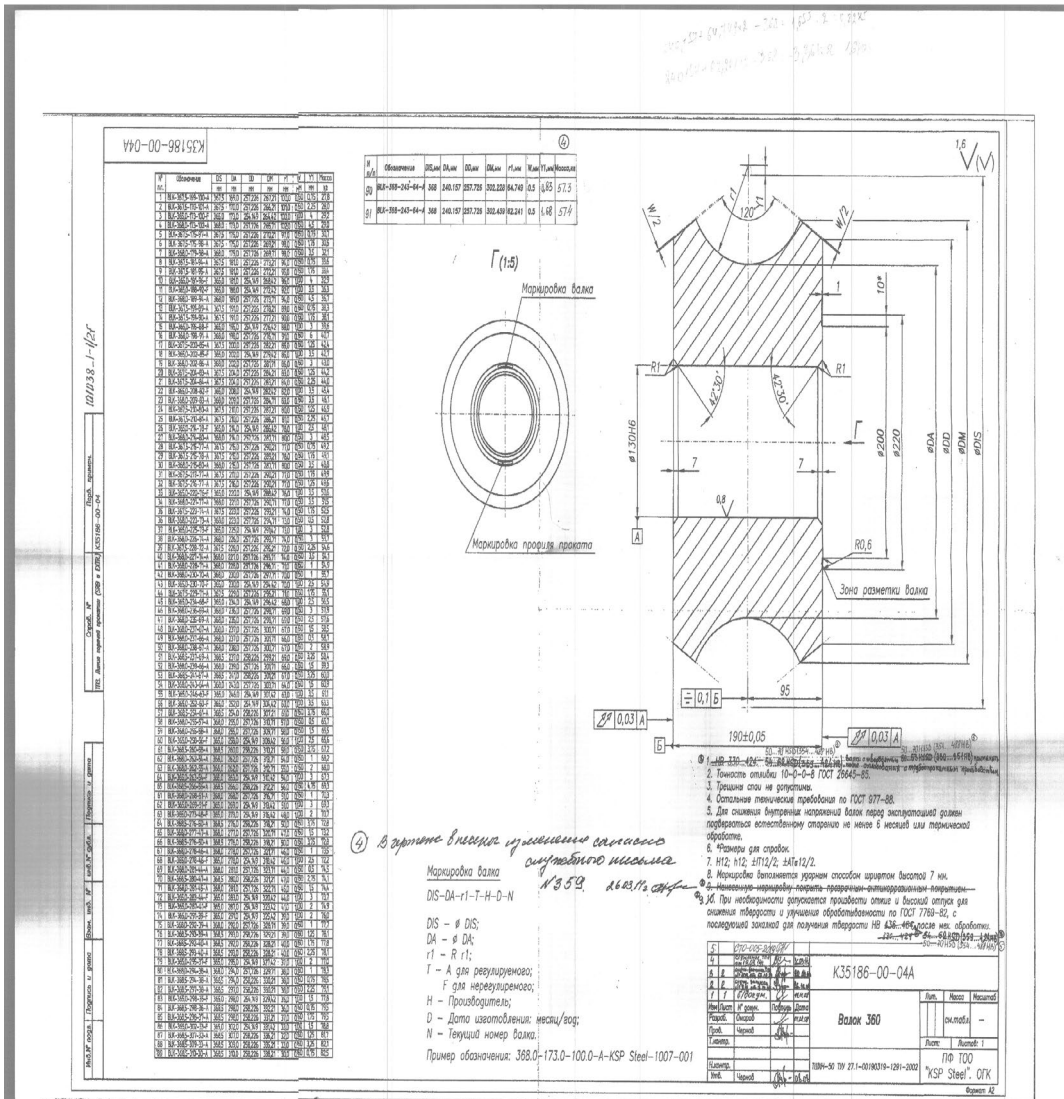


Рисунок 1 – Общий вид отливки «Трубопрокатный валок» из чугуна ТШХН-50 [1]

Производство трубопрокатного валка производится согласно [1]. Химический состав чугуна ТШХН-50 для валков согласно СТО-005-2019 составляет, %: 2,7-3,9 С; 1,2-2,6 Si; 0,4-1,0 Mn; 0,2-1,0 Cr; 0,8-1,6 Ni; ≤ 0,30 P; ≤ 0,02 S.

Допускаются отклонения массовой доли C, Mn, S, P, Cr, Ni, Mo, V, Cu не более ±5% от пределов при условии соответствия твердости.

В валках из легированного чугуна допускается наличие химических элементов, не предусмотренных в составе, вносимых шихтой и не влияющих на качество.

Твердость заготовки бочки валка (литейный передел) должна соответствовать HSD50-70, что соответствует твердости 354-488 HB.

Твердость обработанного валка на рабочей поверхности должна соответствовать HSD52-65, что соответствует твердости 363-461 HB.

В ряде случаев производят легирование чугуна Cr, Ni, Mo, V, Ti, Al и другими элементами в количестве более 0,5–1 % или повышают концентрацию Mn и Si.

Материалы и методы

Производство валков для горячей прокатки металлов из чугуна ТШХН – 50 в условиях литейного цеха ПФ ТОО «KSP Steel» регламентируется [1].

В качестве исходных шихтовых материалов при выплавке чугуна для валков ТШХН-50 используются:

1) «болота» (остаток в печи жидкого чугуна от предыдущей плавки, применяется для ускорения процесса расплавления твердой шихты за счет ее растворения в расплаве). Примерный химический состав «болота», %: 3,0-3,5 C; 0,5-0,7 Si; 0,5-0,7 Mn; ≤ 0,7 Cr; 1,2-2,0 Ni;

2) шихтовая нелегированная заготовка (полученная из чугунного и стального лома методом высокотемпературного переплава в дуговой печи с основной футеровкой). Примерный химический состав шихтовой нелегированной заготовки, %: 3,3-3,6 C; ≤ 0,7 Si; ≤ 0,5 Mn; ≤ 0,05 S; ≤ 0,20 P; ≤ 0,10 Cr;

3) шихтовая легированная заготовка - промежуточный продукт, полученный из возврата собственного производства валков путем «низкотемпературного» переплава в дуговой электропечи с основной футеровкой с окислением кремния до остаточного содержания 0,5-0,7 %. Примерный химический состав шихтовой легированной заготовки, %: 2,8-3,3 C; ≤ 0,7 Si; ≤ 0,5 Mn; ≤ 0,7 Cr; ≤ 1,2 Ni; ≤ 0,30 P; ≤ 0,02 S;

4) возврат собственного производства валков ТШХН-50 (литники, прибыли, брак, сливы неиспользованных остатков чугуна, стружка, образующаяся при механической обработке литых заготовок валков ТШХН);

5) лом валков ТШХН-50, отработавших свой ресурс в условиях эксплуатации;

6) ферросплавы: феррохром ФХ800 ГОСТ 4757-91, ферросилиций ФС45 – ФС75 ГОСТ 1415-93, ферромарганец ФМн70-ФМн78 ГОСТ 4759-96;

7) никель Н-1, Н-2, Н-3 ГОСТ 849-97.

В качестве карбюризатора для науглероживания исходного чугуна применяется коксик фракции 0-10 мм или электродная стружка.

Для рафинирования валкового чугуна производится его раскисление: железистый самородный шлак из печи удаляется и наводится раскислительный шлак из смеси дробленного ферросилиция ФС75 фракции 0-10 мм и дробленного коксика фракции 0–10 мм в соотношении 1:1 в количестве ~ 0,2 % от веса металлозавалки.

Для внепечной сфероидизирующей обработки исходного чугуна для сплава ТШХН используются магнийсодержащие мелкодисперсные смеси фракции 3,0-10,0 мм (комплексный модификатор Ферромаг 611).

В качестве теплоизолирующей присыпки для предотвращения тепловых потерь жидким металлом в ковше и теплоизоляции прибылей отлитых заготовок валков применяется: смесь 1:1 асбестовая крошка с коксиком или молотый просушенный коксик.

Подготовка шихтовых материалов осуществляется в следующем порядке [1]. Перед завалкой шихты на подину электропечи ДСП-5МТ мерной специальной тарой загружается известняк в количестве 5-6 % от веса металлозавалки и расчетное количество карбюризатора (2–3 %).

Металлошихта в количестве 4-6 тонн загружается в дуговую сталеплавильную печь ДСП-5МТ с основной футеровкой, расплавляется под самородным шлаком, перегревается до температуры 1550-1560 °С и выдерживается при этой температуре 15–20 мин. В процессе выдержки расплав самоочищается от включений SiO₂.

В процессе плавки химический состав расплава не корректируется.

После двадцатиминутной выдержки при температуре 1550-1560 °С отбирается проба чугуна для анализа его химического состава, в процессе которого определяется содержание углерода, кремния, марганца, фосфора, серы.

Выдержанный расплав сливается в разливочный ковш и переливается в миксер. Остатки чугуна для шихтовой заготовки сливаются в специально подготовленные изложницы и маркируются.

Данные маркированные шихтовые заготовки передаются на шихтовый двор в специальные закрома для последующего использования в производстве валков.

Процесс выплавки чугуна ТШХН-50 для литья валков исполнения ТШХН может осуществляться по двум вариантам [1]:

1) базовый вариант – с дефицитом углерода в «Шихтовой заготовке», с использованием коксика или электродной стружки в качестве карбюризатора для науглероживания расплава до заданного уровня, с термо-временной обработкой (ТВО) расплава при 1520–1530 °С до полного растворения в нем карбюризатора и охлаждением расплава присадкой стального лома в количестве 5 % от веса металлозавалки.

2) альтернативный вариант – без использования карбюризатора при достаточном внесении углерода в расплав компонентами «Шихтовой заготовки», без ТВО и добавки стали, с ограничением перегрева расплава в печи пределом температур 1380–1400 °С.

Сфероидизирующая обработка чугуна для сплава ТШХН осуществляется по регламенту [1]. Для сфероидизирующей обработки исходного жидкого чугуна магнийсодержащим модификатором используются крановые разливочные ковши емкостью 5 тонн. На дне ковша параллельно траверсе выкладывается перегородка высотой 200–260 мм из шамотного кирпича ШБ-5 на плашку к стенке кожуха, разделяющая донную часть ковша на два равновеликих «кармана». «Карман» со стороны сливного носка, называемый реакционной камерой, предназначается для загрузки модификатора. Высота перегородки между «карманами» должна быть достаточной для размещения в реакционной камере всей порции модификатора и чугунной стружки, прикрывающей модификатор.

После выкладки перегородки ковш должен быть хорошо просушен, а непосредственно перед приемом чугуна для модифицирования разогрет до температуры 500–600 °С, т.е. до начала свечения футеровки (контроль степени разогрева футеровки ковша осуществляется визуально).

В отдельную коробку засыпают модификатор (25-30 кг/т жидкого чугуна) и молотый 75 % ферросилиций (2-3 кг/т жидкого чугуна) и тщательно перемешивают. За 15-20 минут до слива чугуна из печи данная смесь загружается в реакционную камеру подогретого ковша. Сверху присыпают ровным слоем чугунной валковой стружки. Загрузка модификатора и стружки производится таким образом, чтобы материал не пересыпался через перегородку в «холостой» карман.

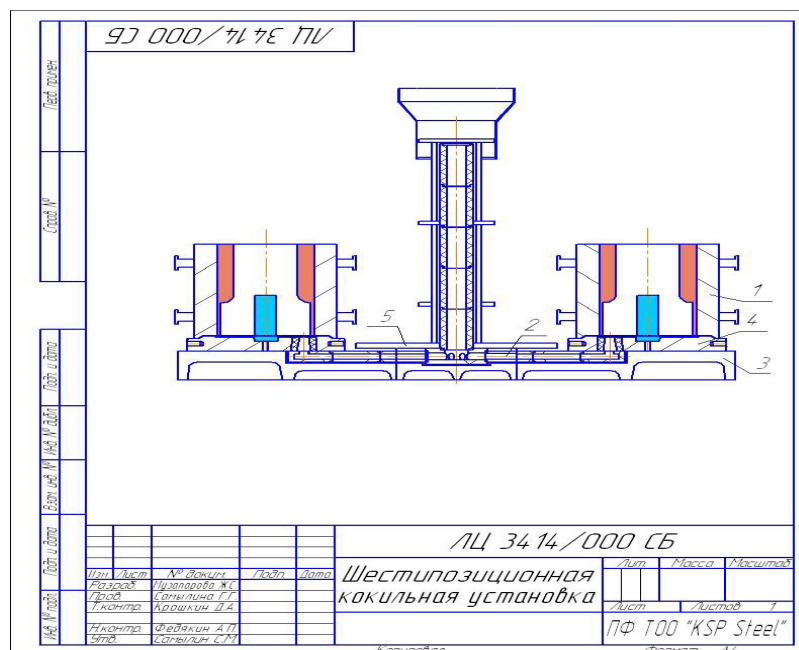
Сливают в ковш весь подлежащий сфероизирующей обработке исходный чугун, не допуская попадания струи в реакционную камеру.

Подают ковш на стенд для скачивания шлака и дожидаются окончания реакции модифицирования, т.е. окончания бурления металла в ковше. Замер температуры чугуна производится термомпарой погружения ПТПР-91-900. При температуре чугуна 1330-1350 0С ковш подают на заливку валка.

Разливка модифицированного магнием чугуна должна быть завершена не позднее 18-20 минут от начала реакции модифицирования.

Окончательная проба для маркировочного анализа химического состава валка («пяточек» и «скрапина») берутся при сливе в изложницу избыточного количества чугуна хорошо прогретой отшлакованной ложкой.

Заливка валков осуществляется в литейную форму (рисунок 2).



1 – кокиль; 2 – плита разводящая; 3 – поддон;

4 – поддончик; 5 – кожух центральной нижней

Рисунок 2 – Общий вид литейной формы для литья валков [1]

К разливке чугуна подготавливается ковш емкостью 5 тонн [1]:

– тщательно очищается емкость и носок ковша от настывшей, при необходимости «промывается» горячим чугуном;

– носок ковша заправляется огнеупорной массой;
– футеровка ковша просушивается и прокаливается под зонтом до вишневого цвета (600–800 °С).

Приготовление теплоизоляционной смеси для присыпки прибылей отливаемых валков производят из расчета ее расхода: на одну литейную форму 3–4 кг.

В качестве теплоизоляционной смеси применяется: смесь 1:1 асбестовая крошка с коксиком, сухой молотый коксик или рисовая лузга.

Проверка готовности форм к заливке:

– температура кокилей в собранных под заливку формах должна равняться температуре окружающей среды;

– против каждой формы на видном месте должна лежать маркировочная пластина с индивидуальным номером заливаемого валка.

По готовности металла в печи к выпуску, подают ковш под желоб печи.

По окончании выпуска чугуна из печи, в присутствии контролера ОТК замеряют температуру металла в ковше термпарой погружения ПТПР-91-900, удаляют с зеркала металла шлак, выдерживают чугун до заданной температуры разливки 1330–1320 °С, при необходимости повторно удаляют из ковша новые шлаковые образования и подают ковш на заливку.

Для валков из сплава ТШХН окончательная проба на полный химический анализ берется из основного разливочного ковша хорошо прогретой и отшлакованной ложкой при сливе в изложницу избыточного количества чугуна.

Первые 5–7 секунд металл в форму подается с малой интенсивностью, ровной без прерывания струей. Затем плавно (во избежание образования «корольков») увеличивают скорость подачи металла до максимальной внимательно следя за поплавком-сигнализатором, находящимся в форме и затем сбавляют темп заливки металла в два раза (быстрое заполнение всей полости формы валка приводит к браку по усадочным раковинам). Заливку металла в форму производят с переливом.

В течение последующих 60–90 секунд производят 3–4х-кратную подкачку металла через воронку с переливом.

По окончании заливки быстро подрывают скрапину и сбрасывают ее с формы, вставляют в прибыль отлитого валка маркировочную пластину с выбитым на ней индивидуальным номером валка, засыпают прибыль слоем теплоизолирующей смеси.

По окончании разливки всей плавки оставшийся в ковше избыток чугуна сливают в изложницу для сливов.

Результаты и обсуждение

Анализ технико-экономических показателей производства трубопрокатных валков из ТШХН-50 в условиях ПФ ТОО «KSP Steel» за 2018–2020 годы показывает повышенную себестоимость производства валков по сравнению с конкурентами из Китая и России.

Наблюдается повышенный расход магнийсодержащего модификатора (до 10–20 %), повышенный расход металла на литниково-питающую систему (до 15–30 %).

Расход металла на литники и прибыли составляет около 45 % от жидкого металла, расход магнийсодержащего модификатора (Ферромаг 611) более 50 кг/т годного.

Средний баланс металла представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Баланс металла

№	Составляющие баланса	в % от металлозавалки	в % от жидкого
1	Металлозавалка	100,0	108,69
2	Угар и безвозвратные потери	7,99	8,69
3	Жидкий металл	92,01	100,0
а)	Скрап	1,84	2,0
б)	Литники и прибыль	41,26	44,84
в)	Брак к металлозавалке	1,33	1,45
4	Выход годного	47,58	51,71

Литературный обзор показал [2–11], что резервами снижения затрат на производство валков являются:

- снижение расхода металла на литники за счет дополнительных мероприятий по снижению тепловых потерь в прибылях;
- снижение расхода магнийсодержащего модификатора за счет применения более рациональных методов ввода модификатора в чугун.

Выводы

1) Анализ технико-экономических показателей производства трубопрокатных валков из ТШХН-50 в условиях ПФ ТОО «KSP Steel» за 2018–2020 годы показывает повышенную себестоимость производства валков по сравнению с конкурентами из Китая и России.

2) Наблюдается повышенный расход магнийсодержащего модификатора (до 10–20 %), повышенный расход металла на литниково-питающую систему (до 15–30 %).

3) Резервами снижения затрат на производство валков являются:

- снижение расхода металла на литники за счет дополнительных мероприятий по снижению тепловых потерь в прибылях;
- снижение расхода магнийсодержащего модификатора за счет применения более рациональных методов ввода модификатора в чугун.

Список использованных источников

1 ТИ «Производство трубопрокатных валков из ТШХН-50 в ПФ ТОО «KSP Steel» // ПФ ТОО «KSP Steel», 2015. – 30 с.

2 Ресурсоэффективность литейного производства в России : исследование и сравнительный анализ // IFC, 2010. – 88 с.

3 **Воздвиженский, В. М., Грачев, В. А., Спасский, В. В.** Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. – М. : Машиностроение, 1984. – 432 с.

4 **Вейник, А. И.** Расчет отливки. – М. : Машиностроение, 1964. – 403 с.

5 **Радя, В. С., Горбунов, К. Р., Рябов, Д. Г., Воронцова, В. А., Усольцев, И. А.** Опыт литья трубопрокатных валков ТПХН-60 в неспециализированном литейном цехе // Прогрессивные технологические процессы и подготовка кадров для литейного производства : материалы регион. науч.-практ. конф., 23 окт. 2006 г., г. Екатеринбург / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. – Екатеринбург : Издательство РГППУ, 2007. – С. 82–89.

6 **Скаланд, Т.** Производство высокопрочного чугуна – Сравнение альтернативных методов обработки магнием на высокопрочный чугун // Литейщик России. – №3. – 2011. – С. 28–37.

7 **Onsøien, M. I., Grong, Ø., Gundersen, Ø., Skaland, T.** A process model for the microstructure evolution in ductile cast iron: Part I. The model // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science, 1999, 30(4). – P.1053–1068.

8 **Onsøien, M. I., Grong, Ø., Gundersen, Ø., Skaland, T.** A process model for the microstructure evolution in ductile cast iron: Part II. Applications of the model // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science, 1999. – 30(4). – P. 1069–1079.

9 **Болдырев, Д. А.** Комбинированное влияние технологических параметров модифицирования и микролегирования на структуру и свойства конструкционных чугунов : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – М. : ЦНИИчермет им. И. П. Бардина, 2009. – 40 с.

10 **Назаратин, В. В.** Исследование эффективности действия теплоизоляционных смесей на основе зол – уносов // Литейное производство. – 2009. – № 2. – С. 20–25.

11 **Арынгазин, К. Ш., Жусупов, М. Б., Алигожина, Д. А.** Перспективы использования отходов тепловых энергоцентралей АО «Алюминий Казахстана» // Наука и техника Казахстана, 2016. – № 3–4. – С. 28–34.

References

1 TI «Proizvodstvo truboprokatnyh valkov iz TShHN-50 v PF TOO «KSP Steel» // ПФ TOO «KSP Steel», 2015. – 30 p.

2 Resursoeffectivnost liteinogo prouzvodstva v Rossii : issledovanie I sravnitelnyi analiz // IFC, 2010. – 88 p.

3 **Vozdvizhenskiy, V. M., Grachev, V. A., Spasskiy, V. V.** Liteinye splavy I tehnologia ih plavki v mashinostroenii, 1984. – 432 p.

4 **Veinik, A. I.** Raschet otlivki. – М. : Mashinostroenie, 1964. – 403 p.

5 **Radya, V. S., Gorbunov, K. R., Ryabov, D. G., Vorontsova, V. A., Usoltsev, I. A.** Opyt litya truboprokatnyh valkov TPHN-60 v nespetsyalizirovannom

liteinom tsehe // Progressivnye tehnologicheskiye procesy I podgotovka kadrov dlya liteinogo proizvodstva : materialy regionalnoi nauchno-prakticheskoi konferencii, 23 ortyabrya 2006 g., g. Ekaterinburg / Ros.gos.prof-ped. Universitet. – Ekaterinburg : Izdatelstvo RGPPU, 2007. – P. 82–89.

6 **Skaland, T.** Proizvodstvo vysokoprochnogo chuguna – Sravnenie alternativnykh metodov obrabotki magniem na vysokoprochnyi chugun // Liteichnik Rossii, №3, 2011. – P. 28–37.

7 **Onsøien, M.I., Grong Ø., Gundersen, Ø., Skaland, T.** A process model for the microstructure evolution in ductile cast iron: Part I. The model // Metallurgical and Materials Transactions. – A. : Physical Metallurgy and Materials Science. – 1999. – 30(4). – P. 1053–1068.

8 **Onsøien, M. I., Grong, Ø., Gundersen, Ø., Skaland, T.** A process model for the microstructure evolution in ductile cast iron: Part II. Applications of the model // Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science, 1999, 30(4). – P. 1069–1079.

9 **Boldyrev, D. A.** Kombinirovannoe vliyanie tehnologicheskikh parametrov modifizirovaniya I mikrolegirovaniya na strukturu b svoistva konstrukcionnykh chugunov : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoy stepeni doktora tehnicheskikh nauk. – M. : TsNIIchermet im. I. P. Bardina, 2009. – 40 p.

10 **Nazaritin, V. V.** Issledovanie effektivnosti deistvia teploizolyacionnykh smesei na osnove zol - unosov // Liteinoe proizvodstvo. – 2009. – № 2. – P. 20–25.

11 **Aryngazin, K. Sh, Zhusupov, M. B., Aligozhina, D. A.** Perspektivy ispolzovaniya othodov teplovykh energocentralei AO «Aluminiy Kazahstana» // Nauka I tehnika Kazahstana, 2016. – № 3–4. - P. 28–34.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

***Ж. Г. Суханова¹, К. К. Шабенов²**

^{1,2}«KSP Steel» ЖШС ПФ,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ТШХН-50 ШОЙЫНЫНАН ҚҰЙМАЛАРДЫ ӨНДІРУ

Жұмыста аралас құю қалыптарына ТШХН-50 маркалы шар тәрізді графиті бар шойыннан жасалған құбыр илемдейтін біліктерді өндіру технологиясы қарастырылған.

СТО-005-2019 сәйкес біліктерге арналған ТШХН-50 шойынының химиялық құрамы, %: 2,7-3,9 С; 1,2-2,6 Si; 0,4-1,0 Mn; 0,2-1,0 Cr; 0,8-1,6 Ni; ≤0,30 P; ≤0,02 S.

ТШХН қорытпасы үшін бастапқы шойынды пештен тыс сфероидтайтын өңдеу үшін фракциясы 3,0–10,0 мм құрамында магнийі бар Ферромаг 611 кешенді модификатор пайдаланылады.

Бастапқы сұйық шойынды құрамында магнийі бар модификатормен сфероидтайтын өңдеу үшін реакциялық камерасы бар сыйымдылығы 5 тонна құю шөміштері пайдаланылады.

Қосылмадағы жылу оқшаулауы асбест үгіндісі мен кокс қоспасымен (1:1) жүзеге асырылады.

2018-2020 жылдардағы «KSP Steel» ЖШС ПФ жағдайында ТШХН-50-ден құбыр илемдейтін біліктерді өндірудің техника-экономикалық көрсеткіштерін талдауы Қытай мен Ресейдің бәсекелестерімен салыстырғанда біліктерді өндіруді жоғары өзіндік құнын көрсетеді.

Құрамында магний бар модификатордың жоғары шығыны (10–20 % дейін), литникті-қоректендіруші жүйеге металдың жоғары шығыны (15–30 % дейін) байқалады.

Біліктерді өндіруге жұмсалатын шығындарды төмендету резервтері ретінде қосылмадағы жылу шығынын азайту жөніндегі қосымша іс-шаралар арқылы литниктерге металл шығынын азайту және шойынға модификаторды енгізудің ұтымды әдістерін қолдану арқылы құрамында магний бар модификатор шығынын азайту болып табылады.

Кілтті сөздер: беріктігі жоғары шойын, құбыр илемдеу біліктер, құю, магний, сфероидтайтын өңдеу.

***Zh. G. Suhanova¹, K. K. Shabenov²**

^{1,2}PB «KSP Steel» LLP,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 15.06.21.

PRODUCTION OF CAST IRON TSHCHN-50

The paper considers the technology of pipe-rolling rolls production from cast iron with nodular graphite grade TSHCHN-50 into combined casting molds.

The chemical composition of TSHCHN-50 cast iron for rolls according to STO-005-2019 is, %: 2.7-3.9 C; 1.2-2.6 Si; 0.4-1.0 Mn; 0.2-1.0 Cr; 0.8-1.6 Ni; ≤ 0.30 P; ≤ 0.02 S.

For out-of-furnace spheroidizing treatment of the initial cast iron for the TSHCHN alloy, a magnesium-containing complex modifier Ferromag 611 with 3.0–10.0 mm fraction.

For spheroidizing treatment of the initial liquid iron with a magnesium-containing modifier, casting ladles with a capacity of 5 tons with a reaction chamber are used.

Thermal insulation of the risers is carried out with a mixture of asbestos fines with coke (1: 1).

The analysis of the technical and economic indicators of the tube-rolling rolls production from TSHCHN -50 in the PB LLP «KSP Steel» conditions for 2018–2020 shows an increased production cost of rolls in comparison with competitors from China and Russia.

There is an increased consumption of magnesium-containing modifier (up to 10–20%), an increased consumption of metal for the gating-feeding system (up to 15–30 %).

The reserves for reducing the cost of producing rolls are reducing the consumption of metal for gating due to additional measures to reduce heat loss in profits and magnesium-containing modifier due to the use of more rational methods of introducing the modifier into cast iron.

Keywords: ductile iron, tube rolls, casting, magnesium, spheroidizing.

А. Болатулы, *А. В. Богомолов

Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БИООКИСЛЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ УПОРНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СУЗДАЛЬСКОЕ»

*Представлено обоснование технологии биоокисления для переработки сульфидных упорных руд на примере концентрата золотой руды месторождения «Суздальское». Процесс биовыщелачивания является оптимальным как с технологической, так и с экономической точки зрения, и в настоящее время становится основной технологией, применяемой для переработки упорных золотосодержащих руд. Сульфидная упорная руда в ходе экспериментальной обработки на производственной площадке золотоизвлекательной фабрики Суздальского месторождения была подвергнута предварительным технологическим операциям. Золотой концентрат подавали в состав бактериального выщелачивания в виде суспензии. Для окисления использовали биодegradационные бактерии *Thiobacillus ferrooxidations* и *Leptospirillum ferrooxidations*. Технология основана на окислении ацидофильных сульфидных минеральных групп хемолитотрофных микроорганизмов, способных использовать сульфиды, серу и ее восстановленные соединения в качестве субстрата для жизни. Процесс бактериального окисления протекал в биореакторе, где бактерии путем окисления сульфидных мышьяковистых руд разрушают кристаллическую решетку сульфидов и вскрывают пирит или арсенопирит, обеспечивая реагентам доступ к вкраплениям тонкодисперсного золота. В результате была достигнута высокая степень извлечения металла. Установлены основные параметры технологии биологического окисления для данных концентратов сульфидных упорных руд: температура среды 38–40 °С, уровень рН = 1,4–1,6, концентрация растворенного кислорода в реакторе от 2 до 4 г/л.*

Ключевые слова: биоокисление, бактериальное выщелачивание, руда, концентрат, извлечение золота.

Введение

В развитии золотодобывающей промышленности Казахстана отмечается постепенное снижение доли россыпных месторождений в общем объеме добычи. Это связано с исчерпанием около 80 % запасов россыпного золота и с возрастающей сложностью его извлечения. Извлечение золота традиционными гидрометаллургическими методами из коренных руд многих месторождений сдерживается упорным составом получаемых при их обогащении концентратов, а присутствие в большинстве из них минерала арсенопирита практически исключает пирометаллургию из-за образования ядовитых газообразных соединений мышьяка.

Суздальское месторождение золота находится в Восточно-Казахстанской области, в 50 км от Семей. Это месторождение содержит оксидные и стабильные сульфидные руды. В 2010 году был реализован проект по расширению горно-металлургического комбината на Суздальской площадке. Оксидная руда доставляется из трех открытых карьеров и обрабатывается по технологии кучного выщелачивания путем адсорбции угля.

Опыт технологии биологического выщелачивания - биоокисления для промышленного применения показывает, что это самый простой, экономичный, эффективный и экологичный способ переработки золотых концентратов, не требующий сложного оборудования для утилизации отходов, а также обеспечивающий экономию энергии [1–4]. Технология основана на окислении ацидофильных сульфидных минеральных групп хемолитотрофных микроорганизмов, способных использовать сульфиды, серу и ее восстановленные соединения в качестве субстрата для жизни. В окисленной руде золото свободно и может быть получено непосредственно с цианидом.

Процесс биовыщелачивания является оптимальным как с технологической, так и с экономической точки зрения, и в настоящее время становится основной технологией, применяемой для переработки упорных золотосодержащих руд. Биоокисление имеет большие экономические преимущества по сравнению с обжигом и окислением под давлением, технология приемлема с экологической точки зрения, и достаточно надежна для применения в отдаленных регионах. Биологическое окисление фактически произвольно применялось в промышленном производстве уже с начала двадцатого века для кучного выщелачивания и выщелачивания из отвалов медных руд с низким содержанием [5].

Бактериальное выщелачивание заключается в окислении золотосодержащих сульфидов с помощью кислорода. Приемлемая скорость окисления достигается в этом случае за счет введения в пульпу микроорганизмов (бактерий), содержащих ферменты, являющиеся биокатализаторами окислительных процессов. Выделяющиеся при окислении энергию бактерии используют для своей жизнедеятельности [6].

Для окисления пирита и арсенопирита пригодны тионовые железобактерии (*Thiobacillusferrooxidans*, *Thiobacillusthiooxidans* и *Leptospirillumferrooxidans*), способные окислять сульфиды, сульфат закиси железа, элементарную серу, тиофосфат и другие ненасыщенные соединения серы. Механизм окисления сульфидов при бактериальном выщелачивании сложен. Участие тионовых железобактерий в окислении сульфидов может быть прямым и косвенным [7].

В первом случае бактерии, закрепляясь на поверхности сульфида, принимают непосредственное участие в окислительном процессе, выполняя функцию переносчика электронов от сульфида к кислороду. Бактериальное выщелачивание идет при обычных температурах и давлениях, что выгодно отличает его от автоклавной технологии.

Материалы и методы

Сульфидная упорная руда в ходе экспериментальной обработки на производственной площадке золотоизвлекательной фабрики Суздальского месторождения была подвергнута следующим технологическим операциям:

1) Подготовка руды к обогащению и дальнейшей переработке, включая дробление, сортировку, дробление и классификацию руды; В процессе последующего концентрирования распределения усредненная операция минералов подходит для образования механической смеси частиц различного минерального состава, что приводит к обнаружению минералов в технологических отходах;

2) Процесс обогащения включал обычные физические и физико-химические процессы разделения минералов на минеральные концентраты и отходы.

3) Гидрометаллургические операции: бактериальное окисление, антиоксидантное и сорбционное выщелачивание;

4) Отделочные и другие гидрометаллургические операции по обработке гравитационных концентратов для получения продуктов, где содержание золота должно быть не менее 10 %.

Фактически, после бактериального окисления сульфидных минералов растворенное железо, мышьяк и окисленные минералы отделяются в процессе кислотного цианирования.

Золотой концентрат подавали в состав бактериального выщелачивания в виде суспензии. Для окисления использовали биодеградационные бактерии *Thiobacillus ferrooxidations* и *Leptospirillum ferrooxidations*. В качестве вспомогательных технологических материалов применяли:

– Техническая серная кислота для регулировки уровня рН;

– Гидрофосфат диамония по ГОСТ 8515-75 и сульфат аммония по ГОСТ 9097-82, сульфат калия по ГОСТ 4145-74 для приготовления питательных веществ, необходимых для оптимального роста и активности бактерий, согласно указанных данных в таблице 1.

Общий состав концентрата приведен в таблице 2.

Таблица 1 – Реагенты, используемые для приготовления питательных веществ

Реагенты	Содержание элементов, %			Чистота реагента, %	Добавление реагентов, кг/т
	N	P	K		
Диаммоний гидрофосфат	21,21	23,48	0,00	90	1,42
Сульфат аммония	21,21	0,00	0,00	98	6,73
Сульфат калия	0,00	0,00	44,83	90	2,23
Общее количество питательных веществ					10,38

Таблица 2 – Состав концентрата

Компонент	Единица измерения	количество
Au	г/т	60,0
Ag	г/т	2,0

S(T)	%	8,6
S (простая)	%	<0,5
S (сульфидная)	%	7,7
As	%	2,6
Si	%	19,5
C (органический)	%	0,7
Fe ³⁺	г/л	до 30
Fe ²⁺	г/л	до 1

Результаты и обсуждение

Технология основана на окислении ацидофильных сульфидных минеральных групп хемолитотрофных микроорганизмов, способных использовать сульфиды, серу и ее восстановленные соединения в качестве субстрата для жизни.

В упорных сульфидных золотосодержащих рудах частицы золота тесно связаны с кристаллами сульфидов, к ним затруднен доступ растворителя золота (как правило цианида). Чтобы освободить эти частицы, требуется разрушить кристаллы. Из всех известных методов окисления сульфидов, таких, как окислительный обжиг, восстановительная плавка, автоклавное окисление, бактериальное окисление, был выбран метод бактериального окисления с последующим цианированием остатка, как наиболее экологичный, простой в техническом исполнении и положительно зарекомендовавший себя при испытаниях [6].

Процесс бактериального окисления протекал в биореакторе, где бактерии путем окисления сульфидных мышьяковистых руд разрушают кристаллическую решетку сульфидов и вскрывают пирит или арсенопирит, обеспечивая реагентам доступ к вкраплениям тонкодисперсного золота. Температура среды составляла 38–40 °С.

В результате была достигнута высокая степень извлечения металла, около 80 %, тогда как без предварительной бактериальной обработки упорных руд эффективность выщелачивания золота не превышает 50 %.

Следует отметить, что применяемые бактерии строго хемоавтотрофны, то есть единственный источник энергии для их жизнедеятельности – процессы окисления закисного железа, сульфидов различных металлов и элементарной серы [7]. Эти бактерии не используют органические вещества для своей жизнедеятельности, развиваются лишь в сернокислой среде при значении рН, равном 1,2–1,6, поэтому не опасны для человека и животных.

Высокая степень окисления сульфида в процессе последующей промывки окисленного концентрата при бактериальном окислении и противоточной декантации играет важную роль в восстановлении золота в процессе сорбционного цианирования. Отходы гидрометаллургических процессов должны содержать минимальное количество золота, что экономически неэффективно на данном этапе развития технологий и технологий

Основной задачей процесса биовыщелачивания является окисление сульфидных минералов и обнаружение частиц золота для следующего

цикла цианирования. Для выполнения этой задачи бактерии должны быть жизнеспособными и активными.

Можно выделить несколько контрольных параметров, определяющих активность бактерий [8–10]. Основные параметры управления процесса биоокисления: температура пульпы; уровень pH; концентрация растворенного кислорода; коэффициент поглощения кислорода и ряд других. Эти параметры позволяют своевременно выявлять неблагоприятные условия для биоокисления и принимать необходимые меры для корректировки процесса.

Окислительные реакции бактерий, которые играют важную роль в биологических процессах, очень экзотермичны. Следовательно, температура среды в биореакторе является показателем бактериальной активности. Оптимальная температура биологического процесса составляет 40 °С. Эта температура должна поддерживаться автоматически в каждом реакторе с помощью системы контроля температуры.

Карбонаты, пирротин и арсенопирит, содержащиеся в концентрате, нейтрализуют кислоту [11]. Реакторы потребляют большое количество биоразлагаемой кислоты в результате высокого содержания карбоната концентратах. pH может варьироваться в зависимости от содержания минералов, уровня активности бактерий. Эксперименты показали, что активность бактерий оптимальна при уровнях pH = 1,4–1,6. Очень важно поддерживать уровень pH в заданном диапазоне, чтобы обеспечить оптимальный процесс окисления.

Концентрация растворенного кислорода является еще одним важным параметром для контроля бактериальной активности в реакторах биоразложения. Для увеличения площади контакта с бактериями, отвода воздуха и улучшения реакции окисления рекомендуется использовать дополнительное перемешивание. Уровень концентрации растворенного кислорода в реакторе должен поддерживаться в пределах от 2 до 4 г/т.

Снижение бактериальной активности обычно сопровождается снижением температуры. Было отмечено, что увеличение количества реакторного воздуха не оказывает вредного воздействия на бактерии, но при этом может происходить накопление и осаждение массы, что может вызвать чрезмерное образование пены.

Коэффициент поглощения кислорода является показателем степени поглощения растворенного кислорода при бактериальном окислении сульфидных минералов. Этот показатель, вероятно, является наиболее важным критерием оценки бактериальной активности. Если изменения концентрации двухвалентного и трехвалентного железа становятся очевидными в течение нескольких часов, изменение коэффициента поглощения кислорода может составлять один час или менее.

Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что биологическое окисление — это современный эффективный и экологичный способ переработки рудных концентратов. Успешный опыт применения подобной технологии для переработки упорных сульфидных руд в различных странах мира позволяет её использовать на казахстанских производствах.

Проведено успешное использование технологии биоокисления для выщелачивания золотых концентратов сульфидных упорных руд месторождения «Суздальское». Установлены основные параметры технологии биологического окисления для данных концентратов сульфидных упорных руд: температура среды 38–40 °С, уровень pH =1,4–1,6, концентрация растворенного кислорода в реакторе от 2 до 4 г/т.

Список использованных источников

1 **Багилли, Г. И., Аббазова, К. М.** Биологическое выщелачивание бактериями *thiobacillus thiooxidans* и *thiobacillus ferrooxidans* [Текст] // В сб.: Структурные преобразования экономики территорий: в поиске социального и экономического равновесия. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. – Омск: ОмГТУ, 2019. – С. 11–15.

2 **Johnson, D. B.** Biomining – biotechnologies for extracting and recovering metals from ores and waste materials / D. B. Johnson // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2014. – V. 30. – P. 24–31.

3 **Кондратьева, Т. Ф., Булаев, А. Г., Муравьев, М. И.** Микроорганизмы в биогеотехнологиях переработки сульфидных руд [Текст]. – М.: Наука, 2015. – 212 с.

4 **Орехова, Н. Н., Шадрюнова, И. В.** Эколого–экономические аспекты комплексной переработки техногенного гидроминерального сырья / Горный информационно–аналитический бюллетень [Текст]. – 2014. – С. 161–179.

5 **Hatzikioseyan, A., Tsezos, M.** Modelling of microbial metabolism stoichiometry: application in bioleaching processes//Processing of the 16th Biohydrometallurgy Symposium [Текст]. – Cape Town, 2005. – P. 3–9.

6 **Clark, M. E., Batty, J., van Buuren, C. et al.** Biotechnology in minerals processing: technological breakthroughs creating value//Processing of the 16th Biohydrometallurgy Symposium [Текст]. – Cape Town, 2005. – P. 17.

7 **Rawlings, D. E., Dow, D., Plessis, C.** Biomineralization of metal-containing ores and concentrates//TRENDS in Biotechnology [Текст]. – 2003. – Vol. 21. – N 1. – P. 38–44.

8 **Алборов, И. Д., Гегуева, М. М. и др.** Биогеотехнология золотосодержащих руд / Горный информационно-аналитический бюллетень [Текст]. – 2018. – № 6. – С. 126–133.

9 **Иманакунов, Б. И.** Извлечение золота из хвостов золотоизвлекательной фабрики Кумтор / Б. И. Иманакунов // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики [Текст]. – 2018. – № 5. – С. 22–25.

10 **Бодуэн, А. Я., Фокина, С. Б., Петров, Г. В., Серебряков, М. А.** Современные гидрометаллургические технологии переработки упорного золотосодержащего сырья // Современные проблемы науки и образования [Текст]. – 2014. – № 6. – С. 63.

11 **Турсунбаева, А. К., Маусымбаева, А. Д., Портнов, В. С., Юров, В. М.** Термодинамика дробления руды при кучном выщелачивании металлов // Наука и техника Казахстана [Текст]. – 2010. – № 3. – С. 115–126.

References

1 **Bagilli, G. I., Abbazova, K. M.** Biologicheskoe vy`shchelachivanie bakteriyami thiobacillus thiooxidans i thiobacillus ferrooxidans [Biological leaching by the bacteria thiobacillus thiooxidans and thiobacillus ferrooxidans] [Text] // V sb.: Strukturny`e preobrazovaniya e`konomiki territorij: v poiske social`nogo i e`konomicheskogo ravnesiya. Sbornik statej po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Omsk : OmGTU, 2019. – P. 11–15.

2 **Johnson, D. B.** Biomining – biotechnologies for extracting and recovering metals from ores and waste materials / D. B. Johnson // Current Opinion in Biotechnology. – 2014. – V. 30. – P. 24–31.

3 **Kondrat`eva, T. F., Bulaev, A. G., Murav`ev, M. I.** Mikroorganizmy` v biogeoteknologiyax pererabotki sul`fidny`x rud [Microorganisms in biogeotechnologies of sulfide ore processing] [Text]. – Moscow : Nauka, 2015. – 212 p.

4 **Orexova, N. N., Shadrinova, I. V.** E`kologo–e`konomicheskie aspekty` kompleksnoj pererabotki texnogenogo gidromineral`nogo sy`r`ya [Ecological and economic aspects of technogenic hydromineral raw materials complex processing] / Gorny`j informacionno–analiticheskij byulleten` [Text]. – 2014. – P. 161–179.

5 **Hatzikioseyan, A., Tsezos, M.** Modelling of microbial metabolism stoichiometry: application in bioleaching processes // Processing of the 16th Biohydrometallurgy Symposium [Text]. – Cape Town, 2005. – P. 3–9.

6 **Clark, M. E., Batty, J., van Buuren, C. et al.** Biotechnology in minerals processing: technological breakthroughs creating value // Processing of the 16th Biohydrometallurgy Symposium [Text]. – Cape Town, 2005. – P. 17.

7 **Rawlings, D. E., Dow, D., Plessis, C.** Biomineralization of metal-containing ores and concentrates // TRENDS in Biotechnology [Text]. – 2003. – Vol. 21. – N1. – P. 38–44.

8 **Alborov, I. D., Gegueva, M. M. et al.** Biogeoteknologiya zolotosoderzhashhix rud [Biogeotechnology of gold-bearing ores] / Gorny`j informacionno-analiticheskij byulleten` [Text]. – 2018. – № 6. – P. 126–133.

9 **Imanakunov, B. I.** Izvlechenie zolota iz xvostov zolotoizvlekatel`noj fabriki Kumtor [Gold extraction from the tailings of the Kumtor gold Recovery Plant] / B. I. Imanakunov // Izvestiya Nacional`noj Akademii nauk Ky`rgy`zskoj Respubliki [Text]. – 2018. – № 5. – P. 22–25.

10 **Boduen, A. Ya., S. B. Fokina, G. V. Petrov, M. A.** Serebryakov Sovremenny`e gidrometallurgicheskie texnologii pererabotki upornogo zolotosoderzhashhego sy`r`ya [Modern hydrometallurgical technologies for processing resistant gold-containing raw materials] // Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya [Text]. – 2014. – № 6. – P. 63.

11 **Tursunbaeva, A. K., Mausy`mbaeva, A. D., Portnov, V. S., Yurov, V. M.** Termodinamika drobleniya rudy` pri kuchnom vy`shchelachivanii metallov

[Thermodynamics of ore crushing during metals heap leaching] // Nauka i tehnika Kazaxstana [Text]. – 2010. – № 3. – P. 115–126.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

Ә. Болатұлы, *А. В. Богомоллов

Торайғыров университет,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

«СУЗДАЛЬСКОЕ» КЕНІНІҢ СУЛЬФИДТІ РЕЗИСТЕНТТІ РУСЫНЫҢ БИОКСИДТЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

*Отқа төзімді сульфидті кендерді қайта өңдеудің био-тотығу технологиясының негіздемесі Суздальское кен орнындағы алтын кен концентратының мысалында келтірілген. Биологиялық тазарту процесі технологиялық тұрғыдан да, экономикалық тұрғыдан да оңтайлы болып табылады және қазіргі кезде алтынға төзімді кендерді өңдеу үшін қолданылатын негізгі технологияға айналуға. Суздаль кен орнындағы алтынды алу фабрикасының өндірістік алаңында тәжірибелік өңдеу кезінде сульфидті отқа төзімді кен алдын-ала технологиялық операцияларға ұшырады. Алтын концентраты суспензия түрінде бактериялық шаймалау құрамына енгізілді. Тотығу үшін биологиялық ыдырайтын бактериялар *Thiobacillus ferrooxidations* және *Leptospirillum ferrooxidations* қолданылды. Технология сульфидтерді, күкіртті және оның тотықсызданған қосылыстарын өмір бойы субстрат ретінде пайдалануға қабілетті химолитотрофты микроорганизмдердің ацидофильді сульфидті минералды топтарының тотығуына негізделген. Бактериялардың тотығу процесі биореакторда өтті, онда бактериялар сульфидті мышыяқты кендерді тотықтыру арқылы сульфидтердің кристалдық торын бұзады және пиритті немесе арсенопиритті ашады, реактивтерге шашыраңқы ұсақ дисперсті алтынға қол жетімділікті қамтамасыз етеді. Нәтижесінде металды қалпына келтірудің жоғары дәрежесіне қол жеткізілді. Бұл сульфидті отқа төзімді кендердің концентраттары үшін биологиялық тотығу технологиясының негізгі параметрлері анықталды: қоршаған орта температурасы 38–40 °С, рН деңгейі 1,4–1,6, реактордағы еріген оттегінің концентрациясы 2-ден 4-ке дейін г / м.*

Кілтті сөздер: биоксидтеу, бактериялы сілтілендіру, кен, концентрат, алтынды қалпына келтіру.

A. Bolatuly, *A. V. Bogomolov

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 15.06.21.

SPECIFIC FEATURES OF THE «SUZDALSKOE» DEPOSIT SULFIDE RESISTANT ORE BIOOXIDATION TECHNOLOGY

*The substantiation of the bio-oxidation technology for the processing of refractory sulfide ores is presented on the example of gold ore concentrate from the Suzdalskoye deposit. The bioleaching process is optimal both from a technological and economic point of view, and is currently becoming the main technology used for the processing of refractory gold ores. Sulphide refractory ore during experimental processing at the production site of the gold recovery plant of the Suzdalskoye deposit was subjected to preliminary technological operations. The gold concentrate was fed into the bacterial leaching composition in the form of a suspension. The biodegradable bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* and *Leptospirillum ferrooxidans* were used for oxidation. The technology is based on the oxidation of acidophilic sulfide mineral groups of chemolithotrophic microorganisms capable of using sulfides, sulfur and its reduced compounds as a substrate for life. The process of bacterial oxidation took place in a bioreactor, where bacteria, by oxidizing sulfide arsenous ores, destroy the crystal lattice of sulfides and open up pyrite or arsenopyrite, providing reagents with access to disseminated finely dispersed gold. As a result, a high degree of metal recovery was achieved. The main parameters of the biological oxidation technology for these concentrates of sulfide refractory ores have been established: the temperature of the medium is 38–40 °C, the pH level is 1.4–1.6, the concentration of dissolved oxygen in the reactor is from 2 to 4 g/t.*

Keywords: biooxidation, bacterial leaching, ore, concentrate, gold recovery.

<https://doi.org/10.48081/XLFZ2584>

***V. A. Chaikin, A. V. Chaikin**

Nosov G. I. Magnitogorsk State Technical University,
Russian Federation, Magnitogorsk

MATERIALS FOR STEEL DIFFUSION DEOXIDATION

The work carried out tests and implementation of a diffusion alumina-containing deoxidizer (RDA) for steels produced by LTD Metallurg SRD RAC according to TS 0826-003-47647304-2001.

The deoxidizer was used instead of traditional mixtures consisting of lime, FS65 ferrosilicon and fluorspar. RDA is a mixture of powders of carbon-, silicon- and aluminum-containing materials produced by physicochemical methods and had high dispersion.

With the use of RDA, 2,704.82 tons of billets were smelted, treated and poured. Carbonaceous material and FS65 were excluded from the diffusion deoxidation process. Fluorspar consumption was reduced by 50 %. The average consumption of RDA for this period was 0.41 kg / t (for comparison: the consumption of FS65 for diffusion deoxidation is 1 kg / t).

Keywords: steel, deoxidation, powder modifier, mixture, complex processing.

Introduction

One of the main trends for improving the quality of steel is processing with complex powder modifiers or ferroalloys, which provides grain refinement of steel, globalization of nonmetallic inclusions, exclusion of oxide lines or reduction of their size, cleaning grain boundaries, increasing plastic properties of metal, etc. [1–12].

In PB LLP «Casting» steel smelting is carried out in DSP-25N5 by a single-slag process with steel finishing at the automatic furnace. In the production of low-alloy steels (35GS, St3sp, St5sp, 70G and others), treatment is applied at the ladle-furnace unit, using various deoxidizers and modifiers (ferrosilicon, calcium silico, etc.), which do not have sufficient efficiency compared to with new modifiers offered by manufacturers in China, Russia and other countries [10–12].

Materials and methods

In this work, tests and implementation of a diffusion alumina-containing deoxidizer (RDA) for steels produced by LTD Metallurg SRD RAC according to TS 0826-003-47647304-2001 have been carried out. The acidizing agent was used instead of traditional mixtures consisting of lime, FS65 ferrosilicon and fluorspar. RDA is a mixture of powders of carbon-, silicon- and aluminum-containing materials. The main difference between powders is that they are produced by physicochemical means, and have a high dispersion, which gives the mixture new properties [13]. In addition, the mixture contains the optimal amount of surfactants, consisting of calcium-strontium carbonate,

potassium and sodium compounds, which give it fluidity and further activate it [14]. Dispersed and ultradispersed materials are increasingly used in industrial conditions to intensify processes [15]. The advantages of grinding materials can be seen in the example of calcium carbonate, which dissociates, additionally mixes and foams the slag, and increases its basicity. The interaction of calcium carbonate with slag occurs at the interface. When grinding a solid, its total surface increases with a constant total volume and mass. In other words, as the dispersion increases, the specific surface area of the system increases. Quantitative changes lead to the emergence of a new quality. From a physicochemical point of view, the most important consequence of an increase in dispersion is an increase in the specific reactivity of solids, which is often called activity.

The work evaluates the change in the process of reactivity of powders with different dispersion.

Two monodisperse CaCO_3 powders are considered, consisting of spherical particles with sizes r_1 and r_2 . Based on the fact that the molar volume V is M / d (and, assuming that all particles are spheres of the same radius), the number of particles contained in one mole of the considered powders is

$$n_1 = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi dr_1^3} \quad (1)$$

$$n_2 = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi dr_2^3}, \quad (2)$$

where M – molecular weight;
 d – density of the powder.

The total surface area of particles with radius r_1 and r_2 , as well as the corresponding free surface energy, is

$$S_1 = \frac{4\pi r_1^2 V}{\frac{4}{3}\pi r_1^3} = 3 \frac{V}{r_1} \quad (3)$$

$$F_1 = \frac{3\sigma V}{r_1} \quad (4)$$

$$S_2 = \frac{4\pi r_2^2 V}{\frac{4}{3}\pi r_2^3} = 3 \frac{V}{r_2} \quad (5)$$

$$F_2 = \frac{3\sigma V}{r_2} \quad (6)$$

where S_1 – surface area of particles with radius r_1 in volume V ;
 S_2 – surface area of particles with radius r_2 in volume V .

The different activity of powders is realized as the difference in the values of their free surface energy in the form of an isothermal difference in chemical potentials. Thus, based on one gram of a mole of solutions, we have:

$$\mu_1 - \mu_2 = \Delta\mu = \sigma (S_1 - S_2) = \sigma \left(\frac{3V}{r_1} - \frac{3V}{r_2} \right), \quad (7)$$

where μ – chemical potential of the components.

On the other hand, for the first powder, we can approximately write

$$\mu_1 = \mu_0 + RT \ln a_1, \quad (8)$$

where μ_0 – chemical potential of the components in its standard state;
 R – universal gas constant;
 T – temperature, K;
 a – activity.

For another powder, we have:

$$\mu_2 = \mu_0 + RT \ln a_2, \quad (9)$$

then

$$\mu_1 - \mu_2 = \Delta\mu = RT \ln \frac{a_1}{a_2}. \quad (10)$$

Equating the right-hand sides of expressions (7) and (10), we gain:

$$RT \ln \frac{a_1}{a_2} = \sigma \left(\frac{3V}{r_1} - \frac{3V}{r_2} \right);$$

$$\ln \frac{a_1}{a_2} = \frac{3V\sigma}{RT} \left(\frac{3V}{r_1} - \frac{3V}{r_2} \right), \text{ or}$$

$$\ln \frac{a_1}{a_2} = \frac{3M\sigma}{RTd} \left(\frac{3V}{r_1} - \frac{3V}{r_2} \right). \quad (11)$$

During the dissociation of powders, the difference in the values of their free surface energy is realized in the form of isothermal work of dissociation. Thus, per gram of a mole of solutions, we have:

$$A_1 - A_2 = \Delta A = \sigma (S_1 - S_2) = \sigma \left(\frac{3V}{r_1} - \frac{3V}{r_2} \right). \quad (12)$$

On the other hand, for carbonate with a particle radius r_1 , we can approximately write

$$A_1 = A_0 + RT \ln K_{p1}. \quad (13)$$

For another carbonate with a particle radius r_2 we have:

$$A_2 = A_0 + RT \ln K_{p2}, \quad (14)$$

then

$$A_1 - A_2 = \Delta A = RT \ln \frac{K_{p1}}{K_{p2}}. \quad (15)$$

Equating the right-hand sides of expressions (12) and (15), we will have:

$$RT \ln \frac{K_{p1}}{K_{p2}} = \sigma \left(\frac{3V}{r_1} - \frac{3V}{r_2} \right);$$

$$\ln \frac{K_{p1}}{K_{p2}} = \frac{3V\sigma}{RT} \left(\frac{3V}{r_1} - \frac{3V}{r_2} \right),$$

или

$$\ln \frac{K_{p1}}{K_{p2}} = \frac{3M\sigma}{RTd} \left(\frac{3V}{r_1} - \frac{3V}{r_2} \right). \quad (16)$$

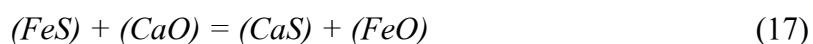
From equations (12 and 16) it follows that with a decrease in the size of particles of a solid, the activity of the system and the process of dissociation of carbonates are activated. In general, we can conclude: the greater the dispersion of the system, the higher its reactivity or physicochemical activity.

By means of similar calculations, one can draw a conclusion about the effect of dispersion on the reactivity or physicochemical activity of strontium carbonate, carbon, silicon, and, accordingly, on the kinetic characteristics of deoxidation reactions.

When RDA is fed to the slag, the dispersed components of the mixture contribute to the uniform distribution of the material over the surface of the slag in a short period of time. Calcium and strontium carbonates in the mixture instantly dissociate into CaO, SrO and CO₂. Ca and Sr oxides increase the basicity and sulphide-capacity of the slag,

CO₂ promotes the mixing of RDA with the slag. The compounds of sodium, potassium and aluminum oxides included in the RDA contribute to the liquefaction of the slag and make it reactive. In addition, the dispersed carbon-containing material additionally foams the slag due to the reaction of the reduction of oxides from the slag.

Foamed liquid slag shields arcs, promotes rapid heating of slag and metal [16]. Thus, ideal conditions are created for the further occurrence of reactions of reduction of oxides from slag with aluminum and silicon present in RDA, as well as desulfurization reactions:



Thus, the recovery period is shortened, and electricity is saved. Sulfides pass into slag according to the distribution law. The steel is found to have lower oxide and sulfur contents. Due to the decrease in non-metallic inclusions and oxide films in the steel, the liquidity of the melt increases.

90 experimental steel melts were carried out using RDA. A rational additive turned out to be 10 kg of the mixture (one packet). After the addition of RDA, intensive deoxidation and liquefaction of the slag occurred, accompanied by its foaming, as evidenced by the stabilization of arc combustion, which was characterized by a uniform and quiet hum. After the end of the reaction, the slag was visually fluid and reactive. Before the ladles were delivered to the continuous casting machine, slag samples were taken for analysis. Slag in the process of cooling crumbled into a white powder. This tendency was traced in all experimental heats.

Results and discussion

In the work, statistical processing of the chemical compositions of slags from experimental and ordinary heats was carried out. The results of the component compositions of slags obtained with the use of traditional mixtures for diffusional deoxidation of steel and with the use of RDA are shown in Table 1.

Table 1 – Results of statistical processing of chemical compositions of slags

Name	Average value	Minimum	Maximum	Dispersion, S2	Aver. sq. deviation,S.	Coefficient of variations,%
FeO	1,358333	0,30000	3,00000	0,686288	0,828425	60,7
	1,91667	0,60000	4,40000	0,957879	0,978713	50,7
SiO2	24,90833	22,10000	26,70000	1,728106	1,314574	5,2
	27,29167	25,20000	29,50000	1,824470	1,350729	4,9
Al2O3	1,88333	1,40000	2,20000	0,056061	0,236771	12,2
	1,48333	1,20000	1,70000	0,019697	0,140346	9,4
CaO	54,50833	51,70000	57,50000	4,395379	2,096516	3,8
	49,38333	46,00000	51,40000	2,617879	1,617986	3,2
MgO	5,65000	3,80000	6,70000	0,899091	0,948204	16,8
	7,70000	5,50000	11,90000	4,007273	2,001817	25,9
MnO	1,95000	0,80000	3,00000	0,520909	0,721740	36,9
	4,90833	2,10000	9,00000	4,368106	2,090001	42

Basicity	2,19167 1,81667	2,00000 1,70000	2,60000 2,00000	0,031742 0,008788	0,178164 0,093744	8,6
* the numerator indicates the results of heats using RDA deoxidizing mixtures, in the denominator - with traditional mixtures.						

As can be seen from the data in Table 1, the concentration of FeO in slags decreased by 29.3 %, MnO – by 60.2 %. Accordingly, the concentration of these oxides will decrease in the metal as well, which increases the mechanical properties of steels. It is important that the use of RDA promotes an increase in the basicity of slags, reduces the concentration of FeO. This has a positive effect on the process of melt desulfurization by reaction (15). This is confirmed by statistical processing of the sulfur content in steels. The amount of sulfur in the initial and final moments of steel processing was analyzed, the results obtained were compared with the data obtained during the statistical processing of ordinary heats. The processing results are presented in table 2.

Table 2 – The results of desulfurization of experimental and ordinary heats

Name	Average value	Minimum	Maximum	Dispersion, S ²	Aver. sq. deviation, S.	Coefficient of variations, %
Sulfur content before de-sulfuration, %	<u>0,0433*</u>	<u>0,031</u>	<u>0,063</u>	<u>0,0001</u>	<u>0,0071</u>	<u>16,48</u>
	0,0412	0,030	0,053	0,0000	0,0060	14,76
Sulfur content after desulfurization, %	<u>0,0251</u>	<u>0,009</u>	<u>0,041</u>	<u>0,0000</u>	<u>0,0063</u>	<u>15,33</u>
	0,0307	0,013	0,045	0,0000	0,0066	24,38
*the numerator indicates the results of heats with the use of deoxidizing mixtures of RDA, in the denominator - with traditional mixtures.						

From the data in Table 2 it can be seen that the average initial values of the sulfur content in the experimental heats are higher than in the ordinary ones. At the same time, the final concentration of sulfur, on the contrary, is higher in ordinary heats than in experimental ones. The minimum sulfur content in the experimental heats decreased to 0.009 %, and the maximum was practically equal to the upper control limit. The

coefficient of desulfurization also increased from 25.48 to 41.33 %. In addition, in experimental melts, desulfurization proceeds more stably.

Conclusions

Thus, we can confidently speak of an increase in the efficiency and stabilization of the removal of sulfur from steel. With the use of RDA, 2704.82 tons of billets were smelted, processed and poured. Carbonaceous material and FS65 were excluded from the diffusion deoxidation process. The consumption of fluorspar was reduced by 50 %. The average consumption of RDA for this period was 0.41 kg / t (for comparison: the consumption of FS65 for diffusion deoxidation is 1 kg / t).

Список использованных источников

1 **Поволоцкий, Д.Я., Кудрин В.А., Вишкарев А.Ф.** Внепечная обработка расплавов. – М. : МИСИС, 1995. – 256 с.

2 **Одесский, П. Д.** Микролегированные стали для северных и уникальных металлических конструкций / П.Д. Одесский, Л.А. Смирнов, Д.В. Кулик. Учебное пособие. – М. : Интернет инжиниринг, 2006. – 176 с.

3 **Ботников, С. А.** Влияние химического состава и технологии рафинирования низкоуглеродистой и среднеуглеродистой стали на параметры разливки сортовой МНЛЗ: автореф. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2009. – 23 с.

4 **Ахметов, А. Б., Толымбеков, М. Ж., Берг, А. А., Чекимбаев, А. Ф., Огурцов, Е. А., Камылина, Л. Н., Кусаинова, Г. Д.** Исследование природы неметаллических включений в слитках спокойных марок стали // Сб. научн. тр. ХМИ. – Алматы, 2002. – С. 801–804.

5 **Айзатулов, Р. С., Харлашин, П. С., Протопопов, Е. В., Назюта, Л. Ю.** Теоретические основы сталеплавильных процессов./ Подобщ.ред. Харлашина П. С. – М. : МИСИС, 2004. – 127–277 с.

6 **Toshihiko, E.** Optimizing Steelmaking System for Quality Steel Mass Production for Sustainable Future of Steel Industry // Steel research international. - Volume: 85. – Issue: 8. – P. 1274–1282. SpecialIssue: SI. – DOI: 10.1002/srin. 201300278. – Published: AUG 2014.

7 **Рябчиков, И. В.** Модификаторы и технологии внепечной обработки железоуглеродистых сплавов. – М. : Экомет, 2008. – 400 с.

8 **Голубцов, В. А.** Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. – Челябинск. Б.и. 2006. – 423 с.

9 **Бегалиев, Р. А., Быков, П. О., Касимгаинов, А. Д.** Исследование влияния содержания углерода на степень усвоения ферросплавов при выплавке стали одношлаковым процессом в дуговой печи и дальнейшей обработкой на агрегате ковш-печь // Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения». Т. 14. – Павлодар : ПГУ имени С. Торайгырова, 2016. – С. 21–24.

10 **Скоробогатов, Ю. С., Быков, П. О., Алыбай, А. Ч., Бегалиев, Р. А.** Исследование процесса модифицирования стали барийсодержащими модификаторами

//Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения». 2 часть. – Павлодар : ПГУ имени С. Торайгырова, 2016. – С. 238–242.

11 **Чайкин, В. А., Чайкин, А. В., Каргинов, В. П. и др.** Дисперсная раскислительная смесь для диффузионного раскисления стали. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета. – 2008. – № 3. – С. 25–29.

12 **Чайкин, В. А.** Прогрессивные технологии с применением дисперсных модификаторов и рафинирующих смесей для внепечной обработки чугунов и сталей. – М. : Издательство МГОУ, 2012. – 274 с.

13 **Чайкин, В. А., Чайкин, А. В., Колколова, А. В. и др.** Совершенствование технологии выплавки сталей в ООО «Самарский завод технического литья» с применением дисперсных материалов // Тр. одиннадцатого съезда литейщиков России. – Екатеринбург (16–20 сентября 2013). – С. 78–83.

14 **Вдовин, К. Н., Феоктистов, Н. А., Пивоварова, К. Г. и др.** Флюсы для электрошлакового переплава конструкционных сталей. Электротехнология. – 2017. – № 4. – С. 13–19.

15 **Чайкин, В. А., Чайкин, А. В.** Применение диффузионных раскислительных и рафинирующих смесей при выплавке сталей и чугунов в электродуговых печах // Литейное производство сегодня и завтра: тр. международной научно-практической конференции / под ред. Косникова Г.А. – СПб. : Культ-информ.-пресс, 2014. – С. 161–164.

16 **Кожухов, А. А.** Оценка коэффициента использования тепла электрических дуг при плавке под вспененным шлаком в современных ДСП. Электротехнология. – 2015. – № 6. – С. 3–9.

References

1 **Povolockii, D. Ya., Kudrin, V. A., Vishkarev, A. F.** Vnepechnaya obrabotka rasplavov. – М. : MISIS, 1995. – 256 P.

2 **Odesskiy, P. D.** Mikrolegirovannyye stali dlya severnyh i unikal'nyh metallicheskih konstrukcij / P. D. Odesskiy, L. A. Smirnov, D. V. Kulik. Uchebnoye posobie. – М. : Internet inzheniring, 2006. – 176 P.

3 **Botnikov, S. A.** Vliyaniye himicheskogo sostava i tekhnologii rafinirovaniya nizkouglerodistoy i sredneuglerodistoy stali na parametry razlivki sortovoj MNLZ: avtoref. ... kand. tekhn. nauk. – Chelyabinsk, 2009. – 23 P.

4 **Ahmetov, A. B., Tolymbekov, M. Zh., Berg, A. A., Chekimbaev, A. F., Ogurcov, E. A., Kamylna, L. N., Kusainova, G. D.** Issledovanie prirody nemetallicheskih vklyuchenij v slitkah spo-kojnyh marok stali // Sb. nauchn. tr. HMI. – Almaty, 2002. – P. 801–804.

5 **Ajzatulov, R. S., Harlashin, P. S., Protopopov, E. V., Nazyuta, L. Yu.** Teoreticheskie osnovy staleplavil'nyh processov. / Podobshch.red. Harlashina P.S. – М. : MISIS, 2004. – 127–277 p.

6 **Toshihiko, E.** Optimizing Steelmaking System for Quality Steel Mass Production for Sustainable Future of Steel Industry // Steel research international. – Volume 85. – Issue 8. – P. 1274–1282. – Special Issue SI. – DOI: 10.1002/srin. 201300278. – Published: AUG 2014.

7 **Ryabchikov, I. V.** Modifikatory i tekhnologii vnepechnoj obrabotki zhelezouglerodistykh splavov. – M. : Ekomet, 2008. – 400 s.

8 **Golubcov, V. A.** Teoriya i praktika vvedeniya dobavok v stal' vne pechi. – Chelyabinsk. B.i. 2006. – 423 p.

9 **Begaliev, R. A., Bykov, P. O., Kasimgazinov, A. D.** Issledovanie vliyaniya sodержaniya ugleroda na stepen' usvoeniya ferrosplavov pri vyplavke stali odnoshlakovym processom v dugovoj pechi i dal'nejshej obrabotkoj na agregate kovshpech' // Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh, magistrantov, studentov i shkol'nikov «XVI Satpaevskie chteniya». T.14. - Pavlodar : PGU imeni S. Torajgyrova, 2016. – P. 21–24.

10 **Skorobogatov, Yu. S., Bykov, P. O., Alybaj, A. Ch., Begaliev, R. A.** Issledovanie processa modifitsirovaniya stali barijsoder-zhashchimi modifikatorami // Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh, magistrantov, studentov i shkol'nikov "XVI Satpaevskie chteniya". 2 chast'. – Pavlodar : PGU imeni S. Torajgyrova, 2016. – P. 238–242.

11 **Chaikin, V. A., Chaikin A.V., Karginov, V. P. i dr.** Dispersnaya raskislitel'naya smes' dlya diffuzionnogo raskisleniya stali. // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo univer-siteta. – 2008. – № 3. – P. 25–29.

12 **Chaikin, V. A.** Progressivnye tekhnologii s primeneniem dispersnykh modifikatorov i rafiniruyushchih smesey dlya vnepechnoj obrabotki chugunov i stalej. – M. : Izdatel'stvo MGOU, 2012. – 274 p.

13 **Chaikin, V. A., Chaikin, A. V., Kolkolova, A. V. i dr.** Sover-shenstvovanie tekhnologii vyplavki stalej v OOO «Samarskij za-vod tekhnicheskogo lit'ya» s primeneniem dispersnykh materialov // Tr. odinnadcatogo s'ezda litejshchikov Rossii. – Ekaterinburg (16–20 sentyabrya 2013). – P. 78–83.

14 **Vdovin, K. N., Feoktistov, N. A., Pivovarova, K. G. i dr.** Flyusy dlya elektroshlakovogo pereplava konstrukcionnykh stalej. Elektrometallurgiya. – 2017. – № 4. – P. 13–19.

15 **Chaikin, V. A., Chaikin, A. V.** Primenenie diffuzionnykh raskislitel'nykh i rafiniruyushchih smesey pri vyplavke stalej i chugunov v elektrodugovykh pechah // Litejnoe proizvodstvo segodnya i zavtra: tr. mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / pod red. Kosnikova G.A. SPb.: Kul't-inform.-press, 2014. – P. 161–164.

16 **Kozhuhov, A. A.** Ocenka koeffitsienta ispol'zovaniya tepla elektricheskikh dug pri plavke pod vspenennym shlakom v sovremen-nykh DSP. Elektrometallurgiya. – 2015. – № 6. – P. 3–9.

Material received on 15.06.21.

***В. А. Чайкин¹, А. В. Чайкин²**

^{1,2}Носов Г. И. атындағы Магнитогорск мемлекеттік техникалық университеті, Ресей Федерациясы, Магнитогорск қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

БОЛАТТЫ ДИФФУЗИЯЛЫҚ КЕСУГЕ АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАР

Жұмыста ТШ 0826-003-47647304-2001 бойынша «Металлург» ЖШҚ СРО РАЛ өндіретін болаттар үшін құрамында алюминий бар диффузионды тотықсыздандырғышты (РДА) сынау және енгізу жүргізілді.

Дезоксидтендіргіш әк, ферросилиций ФС65 және плавик шпатының дәстүрлі қоспаларының орнына қолданылды. РДА-бұл физика-химиялық жолмен алынған және жоғары дисперсиямен алынған көміртегі, кремний және алюминий ұстайтын материалдар ұнтақтарының қоспасы.

РДА пайдалану арқылы 2704,82 тонна дайындамалар балқытылды, өңделді және таратылды. Көміртекті материал және FS65 диффузиялық дезоксидтеу процесінен шығарылды. Плавикті шпаттың шығыны 50 % га азайды. Осы кезеңдегі РДА орташа шығыны 0,41 кг/т құрады (салыстыру үшін: диффузиялық дезоксидтеу үшін ФС65 шығыны 1 кг/т құрайды).

Кілтті сөздер: Болат, дезоксидтеу, ұнтақты модификатор, қоспа, кешенді өңдеу.

***В. А. Чайкин¹, А. В. Чайкин²**

^{1,2}Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова,
Российская Федерация, г. Магнитогорск.
Материал поступил в редакцию 15.06.21.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДИФФУЗИОННОГО РАСКИЛЕНИЯ СТАЛИ

В работе проведены испытания и внедрение раскислителя диффузионного алюминийсодержащего (РДА) для сталей, производимого ООО «Металлург» СРО РАЛ по ТУ 0826-003-47647304-2001.

Раскислитель применили взамен традиционных смесей, состоящих из извести, ферросилиция ФС65 и плавикового шпата. РДА представляет собой смесь порошков углерод-, кремний- и алюминийсодержащих материалов, полученных физико-химическим путем и обладающих высокой дисперсностью.

С использованием РДА было выплавлено, обработано и разлито 2704,82 тонн заготовок. Углеродсодержащий материал и ФС65 были исключены из процесса диффузионного раскисления. Расход плавикового шпата был уменьшен на 50 %. Средний расход РДА за данный период составил 0,41 кг/т (для сравнения: расход ФС65 для диффузионного раскисления составляет 1 кг/т).

Ключевые слова: сталь, раскисление, порошковый модификатор, смесь, комплексная обработка.

***П. О. Быков¹, А. Б. Куандыков², А. К. Жунусов³,
М. Ж. Тусупбекова⁴, Д. Р. Абсолямова⁵**

^{1,2,3,4,5}Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

РАФИНИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ – СЫРЦА БОРСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

В работе исследована технология рафинирования алюминия-сырца от примесей ванадия, основанная на флюсовой обработке борсодержащими флюсами.

В Павлодарской области Республики Казахстан на базе местных предприятий развивается производство первичного алюминия и изделий на базе местного сырья.

Основной проблемой при производстве первичного алюминия на базе АО «Казахстанский электролизный завод» является наличие нежелательных примесей ванадия, которые переходят в металл при электролизе из обожжённых анодов, полученных из местного прокалённого кокса с повышенным содержанием ванадия (ТОО «УПНК-ПВ», г. Павлодар, Казахстан).

В работе проведены экспериментальные исследования по флюсовому рафинированию алюминий-сырца борной кислотой (H_3BO_3). Выбор борной кислоты обусловлен ее доступностью и дешевизной по сравнению с лигатурой Al-V.

Лабораторными экспериментами установлено, что применение борной кислоты (H_3BO_3) снижает содержание ванадия в алюминий-сырце в среднем на 22,5 – 47,7 %, причем эффективность удаления увеличивается при перемешивании расплава.

Наблюдается снижение содержания в алюминий-сырце примесей других металлов (Si, Cu, Mn, Mg) при обработке борной кислотой (H_3BO_3).

Ключевые слова: алюминий, флюсовое рафинирование, ванадий, бор, электролиз.

Введение

В Казахстане активно развивается алюминиевый кластер на основе предприятий АО «Алюминий Казахстана» и АО «Казахстанский электролизный завод» входящих в группу ERG [1–3]. Потребителями первичного алюминия в Казахстане являются АО «Казэнергокабель», ТОО «Вектор-Павлодар», которые производят электрокабели, алюминиевые автомобильные диски и т.п.

Известно, что в мире около 14 % от потребляемого алюминия используется в электротехнике [1, 2].



Рисунок 1 – Структура мирового потребления алюминия по отрасли

Первичный алюминий регламентируется ГОСТ 11069-2001 и делится по маркам от А99 – А0, основными из которых являются А8, А7, А7Е (Таблица 1).

Таблица 1 – Марки алюминия по ГОСТ 11069-2001

Марка	Примесь, %, не более									Алюминий, %, не менее
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ga	Ti	Прочие примеси (каждой)	
А85	0,06	0,08	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,008	0,02	99,85
А8	0,10	0,12	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	99,80
А7	0,15	0,16	0,01	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	99,70
А7Е	0,08	0,20	0,01	-	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	99,70

Наиболее часто встречающимися примесями в алюминии являются окись алюминия, водород и другие примеси (окислы, углерод, карбиды, интерметаллиды и т.д.) [4–10].

Большинство примесей переходят в алюминий в процессе электролиза из электролита под действием высоких температур (Li, Na, Ca и др.). Данные примеси характерны тем, что приводят к возникновению микропористости, снижению механических свойств, увеличению усадки. На данный момент для удаления вышеуказанных примесей применяются: обработка газами, флюсовое рафинирование, фильтрование с применением угольных фильтров [9].

Оксиды, шпинели, нитриды, силикаты, карбиды и интерметаллиды попадают в алюминий в процессе электролиза от взаимодействия жидкого алюминия с воздухом, плохого качества сырья, эрозии огнеупоров. Данные примеси помимо снижения механических свойств и возникновения дефектов также влияют на снижении электропроводности алюминия. Помимо вышеназванных способов для удаления тяжелых примесей (в особенности интерметаллидов) также применяется отстаивание [9, 10].

Наиболее вредной примесью, снижающей электропроводность алюминия является ванадий, находящийся в том же состоянии что и интерметаллиды Ti [7, 10–14]. Ванадий, находясь в системе Al-V образует интерметаллиды Al₂₁V₂, Al₄₅V₇, Al₂₃V₄, Al₃V, Al₉V₅ [7, 10–14].

Из работы [6] известно, что источниками появления ванадия и других примесей в алюминии при электролизном производстве являются материалы (таблица 2).

Таблица 2 – Источники появления ванадия и других примесей в алюминии при электролизном производстве (грамм / 1 тонну Al)

Источник поступления	Si	Fe	Ti	P	V	Zn	Ga
Глинозем	123,0	348,0	67,0	16,0	24,0	60,0	131,0
Анодная масса	173,0	227,0	3,0	4,0	33,0	1,0	2,0
Криолит	19,0	31,0	1,0	5,0	2,0	-	-
Конструктивные элементы, инструмент	200	223	-	-	-	-	-
Сумма поступлений	515,0	829,0	71,0	25,0	29,0	61,0	133
Перешло в алюминий	473,0	451,0	25,0	5,0	20,0	48,0	65

В последние годы наметилась тенденция вовлечения в производство менее качественных источников сырья для производства анодов, что приводит к увеличению примесей в алюминии. В основном это связано с добычей тяжелой нефти (в состав которой входят соединения асфальтенов). В асфальтенах концентрируются примеси металлов (Fe, Si, V, Ni и др.), которые при коксовании переходят в кокс, а затем и в алюминий [10].

В ряде работ [10–13] предложены способы рафинирования первичного алюминия от примесей ванадия, которые не нашли широкого промышленного применения. Перспективным направлением исследований является использование флюсов и лигатур на основе бора при рафинировании алюминия для связывания ванадия в интерметаллид и дальнейшего удаления из расплава. Известны промышленные испытания по ряду направлений. Первый вариант включал ввод борной кислоты (H₃BO₃) в электролизер (ежесуточно по 3 кг). Данный способ показал хорошие результаты рафинирования, но снижение стойкости подины электролизера. Второй способ заключался в подаче флюса на основе борной кислоты в процессе разлива алюминия в литейном отделении непосредственно в изложницу литейной машины. Данный способ показал незначительное снижение содержания ванадия (на 4–6 ppm). Третьим вариантом использования бора являлся его ввод в состав анодной массы при производстве обожжённых анодов (до 3 кг на один анод). Данный способ также не дал ощутимых результатов по снижению содержания ванадия в готовом алюминии.

Таким образом, решение вопроса успешного удаления ванадия из расплавов алюминия имеет большое значение для дальнейшего развития алюминиевого кластера Казахстана.

Материалы и методы

В работе проведены экспериментальные исследования по флюсовому рафинированию алюминий-сырца борной кислотой (H_3BO_3). Выбор борной кислоты обусловлен ее доступностью и дешевизной по сравнению с лигатурой Al-V.

Плавка осуществлялась в индукционной тигельной печи (с перемешиванием расплава) и в отражательной печи (без перемешивания расплава).

Средний химический состав алюминия-сырца представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Средний химический состав алюминия-сырца, %

Печь	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Cr	Ti	V
ИАТ	96,1299	3,2557	0,4105	0,0071	0,0032	0,0239	0,0115	0,001	0,0323	0,0132
САТ	93,0534	6,0323	0,3980	0,1118	0,0044	0,0453	0,0121	0,0001	0,0166	0,01

В индукционной тигельной печи и печи сопротивления был переплавлен алюминий-сырец. При температуре $850\text{ }^\circ\text{C}$ под уровень металла вводилась борная кислота H_3BO_3 из расчета 1,2–2 кг/т алюминия-сырца. Металл выдерживался в печи в течении 15 минут. Металл последовательно сливался в три ковша для определения содержания ванадия в порциях металла в начале, середине и конце разливки.

По окончании экспериментов осуществлялось измерение химического состава рафинированного алюминия-сырца на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500 (на каждой пробе делалось 3 измерения – внешний край, центр сечения и середина радиуса).

Таблица 4 – Результаты лабораторных испытаний по удалению ванадия из алюминия-сырца

Печь	Начальное содержание V, [%]	Расход материалов, грамм	Расход H_3BO_3 , [кг/т Al]	Содержание V после эксперимента, [%]		
				Начало разливки	Середина разливки	Окончание разливки
ИАТ	0,0132	Al = 850; $H_3BO_3 = 2$	2,353	0,0056	0,0057	0,0057
САТ	0,01	Al = 901; $H_3BO_3 = 2,1$	2,36	0,0067	0,0134	0,0108

Результаты и обсуждение

Анализ данных в таблице 4 показывает следующее:

1) Борная кислота (H_3BO_3) при расходе около 2,35 кг / тонну Al позволяет снизить содержание примесей ванадия в алюминии-сырце.

2) Параллельно наблюдается снижение содержания примесей других металлов (Si, Cu, Mn, Mg).

3) Установлено, что при индукционной плавке степень удаления всех примесей выше, чем при отражательной плавке (таблица 5).

Таблица 5 – Степень удаления примесей из алюминия сырца

Химический элемент	Степень удаления примесей, %	
	Индукционная плавка	Отражательная плавка
V	47,7	22,5
Si	97,9	43,9
Cu	17,6	5,0
Mn	50,0	4,55
Mg	47,7	22,5

Таким образом, можно заключить, что перемешивание расплава алюминия-сырца позволяет повысить степень удаления ванадия и других примесных элементов.

4) Установлено, что распределение примесных элементов после обработки борной кислотой (H_3BO_3) в объеме металла неравномерное.

Наблюдается увеличение содержания интерметаллидов ванадия в нижней части ковша (при окончании разливки), при этом перемешивание в индукционной печи обеспечивает более равномерное распределение элементов по высоте ковша.

Выводы

1) Лабораторными экспериментами установлено, что применение борной кислоты (H_3BO_3) снижает содержание ванадия в алюминии-сырце в среднем на 22,5–47,7 %, причём эффективность удаления увеличивается при перемешивании расплава.

2) Параллельно наблюдается снижение содержания в алюминии-сырце примесей других металлов (Si, Cu, Mn, Mg) при обработке борной кислотой (H_3BO_3).

3) Установлено неравномерное распределение интерметаллидов ванадия в объеме ковша, наблюдается увеличение содержания интерметаллидов ванадия в нижней части ковша (при окончании разливки), при этом перемешивание в индукционной печи обеспечивает более равномерное распределение элементов по высоте ковша.

Список использованных источников

1 Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020–2025 годы, утвержденная Правительством Республики Казахстан от 31 декабря 2019 года № 1050.

2 Стратегия развития Павлодарской области до 2030 года, утвержденной Акимом Павлодарской области от 27 марта 2015 года (протокол № 85/3).

3 **Ибрагимов, А. Т.** Электрометаллургия алюминия. Казахстанский электролизный завод / А. Т. Ибрагимов, Р. В. Пак. – Павлодар : Дом печати, 2009. – 263 с.

4 **Добаткин, В. И.** Слитки алюминиевых сплавов. – М. : Металлургиздат, 1960. – 175 с.

5 Курдюмов, А. В., Инкин, С. В., Чулков, В. С., Графас, Н. И. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов. – М. : Metallurgia, 1980. – 196 с.

6 Курдюмов, А. В., Инкин, С. В., Чулков, В. С. и др. Металлические примеси в алюминиевых сплавах. – М. : Metallurgia, 1988. – 141 с.

7 Напалков, В. И., Махов, С. В. Легирование и модифицирование алюминия и магния. – М. : МИСиС, 2002. – 376 с.

8 Polmear, I. Light Alloys: 4th Edition. – Butterworth-Heinemann, 2005. – 416 p.

9 Пискарев, Д. В. Разработка технологии рафинирования алюминия от примесей щелочных и щелочноземельных металлов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М. : ГИИЦВЕТМЕТ, 2007. – 182 с.

10 Горланов, Е. С. Легирование катодов алюминиевых электролизеров методом низкотемпературного синтеза диборида титана : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2020. – 391 с.

11 Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F. Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part I. Analysis of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B volume 45, DOI <https://doi.org/10.1007/s11663-013-9974-x> (2014). – P. 752–768.

12 Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F. Removal of Vanadium from Molten Aluminum – Part II. Kinetic Analysis and Mechanism of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B, DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9 (2013) 769–783.

13 Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F. Removal of Vanadium from Molten Aluminum – Part III. Analysis of Industrial Boron Treatment Practice, Metallurgical and Materials Transactions B, DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9 (2013). – 769–783.

14 Лякишев, Н. П. Диаграммы состояния двойных металлических систем : справочник : В 3 т.: Т. 1 / М. : Машиностроение, 1996. – 992 с.

References

1 Gosudarstvennaya programma industrialno-innovacionnogo razvitiya Respubliki Kazakhstan na 2020 – 2025 gody, utverzhennaya Pravitelstvom Respubliki Kazakhstan ot 31 dekabrya 2019 goda № 1050.

2 Strategia razvitiya Pavlodarskoj oblasti do 2030 goda, utverzhdennoi Akimatom Pavlodarskoj oblasti ot 27 marta 2015 goda (protokol № 85/3).

3 Ibragimov, A. T. Electrometallurgia aluminiya. Kazakhstanskiy elektroliznyi zavod / A. T. Ibragimov, R. V. Pak. – Pavlodar : Dom pechati, 2009. – 263 p.

4 Dobatkin, V. I. Slitki aluminiyevykh splavov. – М. : Metallurgizdat, 1960. – 175 s.

5 Kurdumov, A. V., Inkin, S. V., Chulkov, V. S., Grafas, N. I. Flusovaya obrabotka i filtrovanie aluminiyevykh rasplavov. – М. : Metallurgia, 1980. – 196 p.

6 Kurdumov, A. V., Inkin, S. V., Chulkov, V. S. и др. Metallicheskie primesi v aluminiyevykh splavah. – М. : Metallurgia, 1988. – 141 p.

7 **Napalkov, V. I., Mahov, S. V.** Legirovanie I modifitsirovanie aluminiya i magna. – M. : MISiS, 2002. – 376 p.

8 **Polmear, I.** Light Alloys: 4th Edition. – Butterworth-Heinemann, 2005. – 416 p.

9 **Piskarev, D. V.** Razrabotka tehnologii rafinirovaniya aluminiya ot primesei chelochnyh I chelochnozemelnyh metallov : : dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tehnikeskikh nauk. – M. : GINCVETMET, 2007. – 182 p.

10 **Gorlanov, E. S.** Legirovanie katodov aluminiyevykh elektrolizerov metodom nizkotemperaturnogo sinteza diborida titana : dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni doktora tehnikeskikh nauk. – SPb. : Sankt-Peterburgskiy gornyi universitet, 2020. – 391 s.

11 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum-Part I. Analysis of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B volume 45, DOI <https://doi.org/10.1007/s11663-013-9974-x> (2014). – P. 752–768.

12 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum—Part II. Kinetic Analysis and Mechanism of VB₂ Formation, Metallurgical and Materials Transactions B, DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9 (2013). – P. 769–783.

13 **Khaliq, A., Rhamdhani, M. A., Brooks, G. A., Grandfield, J. F.** Removal of Vanadium from Molten Aluminum—Part III. Analysis of Industrial Boron Treatment Practice, Metallurgical and Materials Transactions B, DOI: 10.1007/s11663-013-9975-9 (2013). – P. 769–783.

14 **Lyakishev, N. P.** Diagrammy sostoyaniya dvoynykh metallicheskih sistem : spravochnik : V 3 t.: T. 1 / M. : Mashinostroenie, 1996. – 992 p.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

**П. О. Быков¹, А. Б. Куандыков², А. К. Жуусов³,*

М. Ж. Тусіпбекова⁴, Д. Р. Абсолямова⁵

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ҚҰРАМЫНДА БОР БАР АЛЮМИНИЙ ШИКІЗАТТАРЫН ТАЗАРТУ

Жұмыста құрамында бор бар флюстермен флюстік өңдеуге негізделген ванадий қоспаларынан шикі алюминийді тазарту технологиясы зерттелген.

Қазақстан Республикасының Павлодар облысында жергілікті кәсіпорындар базасында бастапқы алюминий және жергілікті шикізат негізінде бұйымдар өндірісі дамуда.

«Қазақстан электролиз зауыты» АҚ базасында бастапқы алюминий өндіру кезіндегі туындайтын негізгі проблема ретінде құрамында ванадий мөлшері жоғары жергілікті қыздырылған кокстан жасалынған күйдірілген анодтардан электролиз кезінде металға өтетін ванадийдің жағымсыз қоспаларының болуы болып табылады («УПНК-ПВ» ЖШС, Павлодар қ., Қазақстан).

Жұмыста ишкі алюминийді бор қышқылымен (H_3BO_3) флюстік тазарту бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Бор қышқылын таңдауы Al-B лигатурасымен салыстырғанда оның қол жетімділігі мен арзандылығына байланысты.

Зертханалық тәжірибелер көрсеткендей, бор қышқылын (H_3BO_3) қолдану алюминий ишкізатындағы ванадий мөлшерін орта есеппен 22,5–47,7 % төмендетеді, сонымен қатар, балқыманы араластырған кезде жою тиімділігі артады.

Бор қышқылымен (H_3BO_3) өңдеу кезінде алюминий ишкізатында басқа металдар қоспаларының (Si, Cu, Mn, Mg) төмендеуі байқалады.

Кілтті сөздер: алюминий, флюстік тазарту, ванадий, бор, электролиз.

***P. O. Bykov¹, A. B. Kuandykov², A. K. Zhunusov³,**

M. Zh. Tussupbekova⁴, D. R. Absolyamova⁵

^{1,2,3,4,5}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 15.06.21.

REFINING OF RAW ALUMINUM WITH BORON -CONTAINING MATERIALS

The paper investigates the refining technology of raw aluminum from vanadium impurities, based on flux treatment with boron-containing fluxes.

In the Pavlodar region of the Republic of Kazakhstan, on the basis of local enterprises, the production of primary aluminum and products based on local raw materials is developing.

The main problem in the primary aluminum production on the JSC «Kazakhstan Electrolysis Plant» basis is the presence of undesirable vanadium impurities, which pass into metal during electrolysis from baked anodes produced from local calcined coke with a high vanadium content (UPNK-PV LLP, Pavlodar, Kazakhstan). In this work, experimental research about flux refining of raw aluminum with boric acid (H_3BO_3) have been carried out. The choice of boric acid is due to its availability and low cost in comparison with the Al-B ligature.

Laboratory experiments have established that the use of boric acid (H_3BO_3) reduces the vanadium content in raw aluminum by an average of 22.5–47.7 %, and the removal efficiency increases with stirring the melt.

There is a decrease in the content of impurities of other metals (Si, Cu, Mn, Mg) in the raw aluminum during treatment with boric acid (H_3BO_3).

Keywords: aluminum, flux refining, vanadium, boron, electrolysis.

FTMAP 65.33.29

<https://doi.org/10.48081/YSER8983>***Н. Б. Утарова¹, А. Б. Нуртаева², М. М. Какимов³, Г. Д. Акшораева⁴**^{1,2,3,4}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.**ГЛЮТЕНСІЗ НАН ӨНІМДЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН
ЖЕТІЛДІРУ ЖОЛДАРЫ**

Мақалада глютені төмен ұннан алынған нан өнімінің технологиясын жетілдіру болып саналады. Қазіргі заманда азық-түлік өнеркәсібі алдында тек тамақты байыту ғана емес, сонымен бірге аллергия мен төзімсіздік тудыратын заттардан аз тамақ шығару міндеті тұр. Глютен кейбір адамдарда жағымсыз қабыну, иммунологиялық және аутоиммундық реакцияла тудыруы мүмкін. Ғылыми әдебиетерге шолу жасау глютенсіз нан өнімдерінің ассортиментін кеңейту қажеттілігін және қосымша шикізаттардан бөлінген талшықтарды қолдану мүмкіндігін негіздеуге мүмкіндік берді.

Кілтті сөздер: нан өнімдері, глютен, целиакия, ұн, глютенсіз пісірілген өнімдер.

Кіріспе

Нан өндірістерісіндегі нарықты дамытудың өзекті мәселесі болып, заманауи глютенсіз нан өнімдерін кеңейту болып табылады. Глютен сөзін латын тілінен аударғанда «Gluten – клейковина – сағыздығы» дегенді білдіреді және оны дәннің маңызы деп те атайды. Глютен дәнді дақылдардың құрамына кіретін бидай дәнінің (глиадиндер), қара бидай (секалиндер) және арпа (гордеиндер) этанолдағы еритін ақуыздары болып табылады. Адам ағзасында тағамның қорытылуы және көптеген қоректік заттардың ыдырауы, сіңуіне дайын болатын заттардың сіңуі күрт бұзылады. Целиакия ауруы – адам ағзасында глютенге төзбеушілігін және ең алдымен асқазан-ішек жолына әсер ететін иммунозға тәуелді ауру. Ол аш ішектің шырышты қабығының созылмалы қабынуымен сипатталады. Тек өмір бойы глютенсіз диетаны қатаң сақтау ғана науқастың жоғары өмір сүру сапасын, жеткілікті физикалық және интеллектуалды дамуын қамтамасыз етеді, сонымен қатар асқынуларды алдын алады [1; 2].

Әлеуметтік сауалнама жүргізу әдісінің көмегімен глютенсіз өнімді дайындау және іздеу кезіндегі қиындықтар, сатып алу кезіндегі критерийлер, глютенсіз өнімді пайдалану жиілігі, дүкен сөрелерінде қандай сегментті көргіміз келеді және т.б. сияқты мәселелер көтерілді. Қазақстан бойынша отбасында целиакиямен ауыратын 107 адамнан сауалнама алынды. Сұрақтарға негізінен әйелдер 90 %

жауап берді, өйткені олар балалардың глютенсіз диетасын бақылайды және ерлердің 10 % жауап берді. Целиакиямен ауыратындардың негізгі бөлігі – 77,5 % – 2-ден 12 жасқа дейінгі балалар; 12,5 % – 12-ден 23 жасқа дейінгі балалар, ал 7,5 % 28-ден 35 жасқа дейінгілер құрайды. Соңғы статистикаға сәйкес, негізінен қала тұрғындары есепте тұр. Сауалнамаға қатысқан респонденттердің жалпы санының 15 % ауыл тұрғындары және 85 % қала тұрғындары құрайды. Сауалнамалық деректерді талдау қазақстандықтар сатып алатын глютенсіз өнімді шетелдік өндіруші фирмаларды анықтауға мүмкіндік берді [3].

Целиакия ауруы әлемнің барлық елдерінде және аймақтарында анықталуда және оның тұрақты өсіп келеді. Осы аурумен ауыратын адамдар ұнның дәстүрлі түрлерінен аспаздық өнімдерді жей алмайды және өмір бойы глютенсіз диетаны ұстану қажеттілігі туындайды. Бұл науқастарды глютенсіз өнімдермен қамтамасыз ету мәселесі айқын әлеуметтік мәнге ие және халқымыздың өмір сүру сапасын қамтамасыз етуде маңызды болып табылады. Осыған орай дәстүрлі тамақ өнімдерінен кем түспейтін глютенсіз наубайханалық және ұлттық ұн өнімдерінің отандық технологияларын әзірлеу бойынша зерттеулер жүргізу қажеттілігін дәлелдейді, рецептуралары мен технологияларын жасау өзекті болып табылады [4].

Отандық шикізат негізінде глютенсіз өнімдер өндірісінің отандық инновациялық технологияларын құру біздің дәнді дақылдарымыздың жоғары сапасы ішкі және сыртқы нарықтарда сұранысқа ие жоғары сапалы өнімдер алуға мүмкіндік береді. Осы бағыттағы зерттеулер целиак ауруы бар науқастарды глютенсіз өнімдермен қамтамасыз ету мәселесін шешіп, тұтынушылардың қымбат импорттық глютенсіз өнімдерді сатып алу тәуелділігінен арылуына көмектеседі.

Глютенсіз өнімдер сапасы жағынан дәстүрлі түрінен төмен, тағамдық құндылығы төмен, бұл олардың құрамындағы крахмалдардың көптігіне және ақуыздар, диеталық талшықтар, дәрумендер, минералдар сияқты өмірлік маңызды компоненттердің аз болуына байланысты. Бұл құрамында физиологиялық құнды заттар мен технологиясы жоғары шикізатты қосу арқылы глютенсіз өнімдердің рецептураларын жетілдіру қажеттілігін көрсетеді, ол тағамдық құндылығын арттырумен қатар осы шикізаттан алынатын өнімнің қолайлы сапасын қамтамасыз етеді. Әдеби дереккөздердің мәліметтері бойынша, глютенсіз өнімдердің тағамдық құндылығын арттыру үшін, көбінесе күріш, қарақұмық, жүгері немесе басқа глютенсіз ұн, құрамында ақуыз бар ингредиенттер – изоляттар, сүт, жұмыртқа және басқа да өнімдер қолданылады [5, 6].

Қазақстандық ғалымдардың зерттеулері бойынша кебектен жасалынған «Клетчатка» нанының патентінде ұн, кебек және басқа ингредиенттерді ұнның жалпы массасына араластыру арқылы жартылай фабрикатты илеуді, жартылай фабрикатты ашытуды, жартылай фабрикатқа тұз қосуды қамтамасыз ететін кебек нанын өндірудің әдісін, су мен ұнның жетіспейтін мөлшерін, қамырды біртектес масса алынғанша илеу, қамырды ашыту, дайын қамырды кесу, оларды түпкілікті дәлелдеу және пісіруді анықтаған, сонымен қатар жартылай фабрикатты кебек құлмақ ашытқысын қолдану арқылы дайындаған [7].

Ал, глютенсіз нанның өндірістік тәсілі патентінде жүгері крахмалы, қант, ас тұзы, құрғақ ашытқы, өсімдік майы, қоюландырғыш қолданады. Бұл глютенсіз нанның ерекшелігі құрамында амарант ұны бар екендігімен ерекшеленеді, ал ксантан шайыры бастапқы компоненттердің келесі қатынасы ретінде қолданылады [8].

Пробиотикалық диеталық нанының өндірістік тәсілі патентінде дайындықтың екі кезеңін қамтитын диеталық пробиотикалық нан өндіру әдісін қарастырады. Бірінші кезеңде кебек құлмақ ашытқысын дайындауды, ал екінші кезеңінде қамыр илеу, оны бөлу, ылғалмен пісіру процестері қарастырылған. Сонымен қатар, I және II сұрыпты бидай ұндарының 37 % пайдаланылған [9].

Глютенсіз өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығын анықтау үшін химиялық құрамы, биологиялық құндылықтың негізін құрайтын тағамдық заттардың құрамы ұсынылған композиттік ұнның дамуына жақын ұнмен салыстыру арқылы зерттеу жүргізілді. Өнімдердің химиялық құрамын салыстыру объективті талдау жасау үшін жүргізілді, бұл болашақта зерттеу жұмысын дамыту үшін қажет. 2-кестеде 100 грамм күріш, қарақұмық, жүгері, 1- сұрыпты бидай ұндарының құрамындағы ақуыз, май және көмірсу мөлшері көрсетілген.

Кесте 1 – 100 г композитті ұндарының физикалық-химиялық құрамы

Көрсеткіштер	1-сұрыпты бидай ұны	Қарақұмық ұны	Жүгері ұны	Күріш ұны
Су, г	14,0	9,0	14,0	9,0
Ақуыз, г	10,30	13,60	7,20	7,40
Майлар, г	1,10	3,20	4,80	2,60
Тағамдық талшықтар, г	1,60	2,80	4,40	2,40
Күлділігі, г	0,50	1,50	0,80	0,50
Калий, мг	122,00	130,00	147,00	50,00
Кальций, мг	18,00	42,00	20,00	20,00
Фосфор, мг	86,00	20,00	109,00	119,00
Магний, мг	16,00	48,00	30,00	30,00
B1 (тиамин), мг	0,17	0,40	0,35	0,14
B2 (рибофлавин), мг	0,04	0,18	0,13	0,02
PP (ниацин), мг	1,20	6,30	1,10	2,60
Энергетикалық құндылығы, ккал/кДж	333/1394	370/1549	330/1381	372/1558

**Берілген ақпараттар И. М. Скурухина, В. А. Тутельян әдебиетінен алынды.*

Композиттік ұнның құрамына мына заттар кіреді: 1,28 % су, майдың массалық үлесі – 2,175 %, ақуыздың массалық үлесі – 8,98 %, көмірсудың массалық үлесі – 39,87 %. Энергетикалық құндылығы – 214,9 ккал. Жалпы алғанда, глютенсіз нандағы майдың массалық үлесі – 2,26, ақуыздың массалық үлесі – 9,17 %, көмірсудың массалық үлесі – 42,2 %. Энергетикалық құндылығы – 227 ккал. Глютенсіз өнім жоғары энергетикалық құндылыққа ие, оның құрамындағы қоректік заттар теңдестірілген қатынаста болады.

Композициялық ұнның үш компонентіне (қарақұмық, күріш, жүгері) тән жалпы қасиет – олардың құрамында глютеннің болмауы. Бұл әсіресе оның төзімсіздігі

бар адамдар үшін, сондай-ақ қант диабетімен ауыратын адамдар үшін өте маңызды [10].

Амарант дәнінде 14,0–20,0 % ақуыз; 60–62% крахмал; 5,8–9,7 % липидтер және 3,9–16,5 % диеталық талшық бар. Амарант дәнінің ақуызында суда және тұзда еритін фракциялар басым, олар ақуыздардың жалпы сомасының 75 % құрайды. Амин қышқылы лизинінде амарант ақуызы бидай ақуызынан 2 есе көп. Лизин, тирозин, фенилаланин, изолейцин және барлық маңызды аминқышқылдары арасындағы тепе-теңдіктің арқасында амарант ақуызының биологиялық құндылығы бидай ақуызына қарағанда 15-18% жоғары. Липидті компоненттің негізі қанықпаған май қышқылдары болып табылады. Амарант дәнінің крахмалы жоғары сорбциялық қабілетімен, ерігіштігімен, желатиндену температурасымен және бидай крахмалымен салыстырғанда төмен, ісіну қабілетімен және ретроградтау қабілетімен сипатталады. Амарант дәні дәрумендердің (В1, В2, В9, РР, Н, С, Е) және минералдардың (Р, К, Са, Fe, Mg және т.б.) бай көзі болып табылады.

Олар жақсы тасымалдануымен және өңделуімен сипатталады, сақтау мерзімі ұзақ. Осы мақалада амарант ұнының негізінде нан пісіруге арналған глютенсіз қоспаны әзірлеу жөніндегі зерттеулеріміздің бастапқы кезеңінің нәтижелері баяндалған. Пісіруге арналған глютенсіз қоспалардың барлығы дерлік крахмал мен ұнның қосындысынан тұратындықтан, біз амарантты ұн мен крахмал арақатынасының қамырдың қасиеттері мен нан сапасының көрсеткіштеріне әсерін талданды [11].

Алатікен тұқымынан алынған ұн негізінде глютенсіз өнімдер нарығы талданды. Глютенсіз нан өндірісінде күріш ұны мен алатікен тұқымынан алынған ұн қоспасы негізінде рецепт жасалды.

Кесте 2 – Алатікен тұқымының ұны қосылған күріш нанының рецептурасы

Шикізат атауы	Шикізат мөлшері
Күріш ұны	70–100
Алатікен тұқымының ұны	0–30
Нан пісіретін сығымдалған ашытқылар	5,71
Ас тұзы	1,71
Қант	5,43
Меланж	30
Асханалық маргарин, майлылығы 82 % кем емес	7,14
Су	есептеу бойынша

Тәуліктік доза күні бойы біркелкі бөлінеді. Алатікен тұқымынан ұнның мөлшері артқан кезде ащы дәм пайда болды, ал үгінділердің түсі күңгірт болды. Ең жоғары органолептикалық көрсеткіштерге алатікен тұқымынан 20 % ұн қосылған күріш наны кірді [12].

Ашытылған жартылай фабрикатты қолдана отырып, глютенсіз нан өндіру әдісі. Глютенсіз нан өндіру әдісі 2 : 1 қатынасында күріш пен соя ұнынан, су

мен құрғақ бакконцентраттан, сондай-ақ пісірілмеген ұн қоспасынан тұратын қоспадан дайындалған ылғалдылығы 64–66 % ашытылған глютенсіз жартылай фабрикатты қолдана отырып қамыр илеуді қамтиды. желім, өсімдік майы және ашытқы. Өнертабыс тағамдық құндылығын арттыруға, глютенсіз нанның сапасын жақсартуға, оған жарқын үйлесімді дәм мен иіс беруге, сақтау кезінде микробиологиялық төзімділікті арттыруға, сондай-ақ осы өнімнің ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді [13].

Кесте 3 – Ашытылған жартылай фабрикатты пайдалана отырып, глютенсіз нанның рецептурасы

Шикізат атауы	Шикізат мөлшері
Клейковинасыз ұннан пісірілген нан қоспасы:	
Жүгері крахмалы	48,5
Соя протеинінің изоляты	10,0
Тұз	0,8
Қант	2,0
Herbace1 AQ Plus цитрус талшықтары	1,2
Лецитин Леци Про 90 С	1,5
Шетен ұнтағы (жемістер/сығымдар)	4,0
Ашытылған глютенсіз жартылай фабрикат:	
Күріш ұны	20,0
Соя ұны	10,0
Құрғақ бакконцентрат	2,0

Жоғарыда көрсетілген патенттік жұмыстарды зерттей келе зерттеу жұмысымызда композитті ұндар зерттелді, осы ұндардың глютен ақуызының құрамында аз мөлшерде назарға ала отырып, композиттік ұн ретінде сапалы нан өнімінің технологиясын жетілдіреміз.

Зерттеу шарттары мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде шикізат көзі ретінде құрама глютенсіз ұндар алынды. Глютенсіз ұнның құрамын зерттеу әдістері талаптарға ГОСТ 27558-87 – Ұнның түсін, иісін, дәмін және ұтырлақтығын анықтайтын әдістер; ГОСТ 9404-88 – Ұн және кебектің ылғалдылық мөлшерін анықтау әдісі; ГОСТ 27839-2013 – Бидай ұны. Клейковинаның мөлшері мен сапасын анықтау әдістері; ГОСТ 27494-2016 – Ұн және кебек. Күлділігін анықтау әдістері; ГОСТ 13496.2-91-Азық, құрама жем, құрама жем шикізаты. Шикі жасунықты анықтау әдісі; ГОСТ ISO 5530-2-2014 – Бидай ұны. Қамырдың физикалық сипаттамалары. 2 бөлім. Экстенсографты қолдану арқылы реологиялық қасиеттері анықталды.

Зерттеу нәтижелері

Глютенсіз ұн шикізаттарының негізгі топтары анықталып, физикалық – химиялық қасиеттеріне талдау жасалынды. Зерттелетін материал ретінде Ақмола облысында «Qazupa» ұн өндірістерінде өндірілген құрама ұндарын Қазақстан Республикасының президентінің іс басқармасы медициналық орталығының

«Санитарлық-эпидемиологиялық сараптама орталығы» шаруашылық жүргізу құқығындағы РМК және ЖШС «Collateral Management International» аккредиттелген ғылыми орталығында дайындалған хаттама бойынша анықталып 3, 4 кестелерінде глютенсіз ұндардың нәтижелері көрсетілген.

Кесте 4 – Зерттеу нәтижесі бойынша композитті ұндардың органолептикалық және физикалық-химиялық талдауы

Шикізаттар	Зерттеу нәтижелері	Зерттеу әдістеріне қолданылатын НҚ
Қарақұмық ұны	Сыртқы түрі- қабыршақтардың ұсақ бөлшектерімен аққыш, біртекті өнім	ГОСТ 27558
	Түсі- ашық – қоңыр	
	Иісі- қарақұмық ұнына тән, бөтен иіс жоқ, көгермеген	
	Дәмі- бөтен дәмі жоқ, қышқыл емес, ащы емес	
	Минералдық қоспалардың құрамы – ұнды шайнау кезінде қытырлақтығы байқалмауы керек	
	Ылғалдылығы, % – 7,85 %	ГОСТ 9404
	Сағыздың мөлшері, % – жоқ	ГОСТ 27839
	Құрғақ заттардың мөлшерімен күлділігі, % – 0,4264	ГОСТ 27494
Жасұнық, % артық емес – 1,81	ГОСТ 13496.2-91	
Күріш ұны	Сыртқы түрі- қабыршақтардың ұсақ бөлшектерімен аққыш, біртекті өнім	ГОСТ 27558
	Түсі – ақ	
	Иісі – күріш ұнына тән, бөтен иіс жоқ, көгермеген	
	Дәмі- бөтен дәмі жоқ, қышқыл емес, ащы емес	
	Минералдық қоспалардың құрамы- ұнды шайнау кезінде қытырлақтығы байқалмауы керек	
	Ылғалдылығы, % – 9,11 %	ГОСТ 9404
	Сағыздың мөлшері, % – жоқ	ГОСТ 27839
Құрғақ заттардың мөлшерімен күлділігі, % – 0,3689	ГОСТ 27494	
Жүгері ұны	Сыртқы түрі- қабыршақтардың ұсақ бөлшектерімен аққыш, біртекті өнім	ГОСТ 27558
	Түсі – ашық-сары	
	Иісі – жүгері ұнына тән, бөтен иіс жоқ, көгермеген	
	Дәмі- бөтен дәмі жоқ, қышқыл емес, ащы емес	
	Минералдық қоспалардың құрамы- ұнды шайнау кезінде қытырлақтығы байқалмауы керек	
	Ылғалдылығы, % – 8,23 %	ГОСТ 9404
	Сағыздың мөлшері, % – жоқ	ГОСТ 27839
Құрғақ заттардың мөлшерімен күлділігі, % – 0,3060	ГОСТ 27494	

Жоғарырыда келтірілген кестеде байқағандай, қарақұмық, күріш, жүгері, 1-сұрыпты бидай ұндарының үлгілеріне сапалық сипаттамалары мен химиялық қасиеттеріне талдау жасалды.

Зерттеудің негізгі міндеті ақуызбен, тағамдық талшықтармен, В тобындағы дәрумендермен, макро және микроэлементтермен байытылған глютенсіз композитті ұн алу болып табылады, бұл органолептикалық және физикалық-химиялық көрсеткіштер бойынша осы ұннан жасалған бұйымдардың сапасын жақсартуды, бұйымдардың сақтау мерзімін ұлғайтуды, нан-тоқаш өнімдерінің ассортиментін кеңейтуді қамтамасыз етеді.

Ғылыми нәтижелерді талқылау

Қаракұмық, күріш, жүгері, 1-сұрыпты бидай ұнымен араластырылды (25 : 25 : 50, 35 : 35 : 30, 45 : 45 : 10), композиттік ұнның үлгілеріне сапалық сипаттамалары мен химиялық қасиеттеріне талдау жасалды, глютенсіз ұнның тағамдық және биологиялық құндылықтары анықталды және оларды глютенсіз нан өндіру үшін шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігі қарастырылды. Объективті талдау зерттеу нәтижесін берді, ол болашақта дамуды жаңарту үшін қажет болады.

Қорытынды

Глютенсіз нан технологиясын жетілдіру мақсатында Отандық және ТМД елдеріндегі жаңа технологияларға патенттік, әдеби шолу жасалып зерттелінді. Осы зерттеуді орындау арқылы тағамдық құндылықтың жоғарылауына, глютенсіз нанның сапасын жақсартуға, оған жарқын, үйлесімді дәм мен иіс беру, оның құрылымдық механикалық қасиеттерін жақсарту нәтижесінде сақтау кезінде микробиологиялық төзімділігінің жоғарылауы, сонымен қатар осы өнімдердің ассортиментін кеңейтуге қол жеткізіледі.

Пайдаланған деректер тізімі

1 Клинические рекомендации. Целиакия у детей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pediatr-russia.ru/sites/default/files/file/kr_celik.pdf. (Дата обращения 23.09.2020).

2 **Коломникова, Я. П.** Современные технологии безглютеновых мучных изделий / Анохина С. И., Старикова А. В. // Актуальная биотехнология. – 2015. – №4. – С. 20–23.

3 **Ким, Ю. В.** Астанинский филиал ТОО «Казахский научный институт перерабатывающей и пищевой промышленности» // <https://kazakh-zerno.net/158824-v-kazahstane-rastet-spros-na-produkty-pitanija-ne-soderzhashhie-gljuden-uchenye> (Дата опубликования 12.08.2019).

4 **Михалик, Д. С., Жуков, Г. В., Николаенкова, Л. И., Козлова, И. С., Богданова, Т. А.** Целиакия: болезнь и образ жизни. Земский врач. – 2012. – № 4. – С. 35–38.

5 **Грищенко, А. М.** Совершенствование технологии хлеба с безглютеновой сырья : автореферат на соиск. степ. кандидата техн. наук 05.18.01. Национальный университет технологии. – Киев, 2011. – 20 с.

6 **Дробот, В.** Технология безглютенового хлеба / Приходько Ю. С., Бережна Г. О. // Наука НУХТ. – 2019. Т. 21. – №1. – С. 208–214.

7 **Витавская, А. В.** Способ производства отрубного хлеба «Клечатка» Кулажанов К. С. // Патент РК №25726, 2012.

8 **Жаркова, И. М., Мирошниченко, Л. А., Росляков, Ю. Ф., Кликонос А. А.** Способ производства безглютенового хлеба // Патент РФ №2015102878/13, 28.01.2015.

9 **Витавская, А. В.** Способ производства диетического пробиотического хлеба / Кулажанов К. С. // Патент РК №28014, 2013.

10 **Скурихина, И. М.** Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / В. А. Тутельян – под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. –М. : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

11 **Магомедов, Г. О.** / Безглютеновые мучные композитные смеси / Шевякова Т. А., Плотникова И. В., Журавлев А. А., Гладиллина Т. В. // Патент РФ №33890, 2015.

12 **Журавлева, Е. О.** / Безглютеновый хлеб с мукой из семян расторопши / О. О. Пасько, Л. А. Козубаева // Патент РФ №89721, 2009.

13 **Дубровская, Н.О.** / Способ производства безглютенового хлеба с использованием заквашенного полуфабриката / Савкина О. А., Кузнецова Л. И., Парахина О. И. // Патент РФ №231589, 2007.

References

1 Clinical guidelines. Celiac disease in children [Electronic resource]. – Access mode: http://www.pediatr-russia.ru/sites/default/files/file/kr_celik.pdf. (Date of treatment 09.23.2020).

2 **Kolomnikova, Ya. P.** Modern technologies of gluten-free flour products / Anokhina S.I., Starikova A.V. // Actual biotechnology. – 2015. – No.4. – P. 20–23.

3 **Kim, Yu. V., Tuyakova, A. R., Esimova, Zh. A., Zhanaydarova, A. E.** Astana branch of Kazakh Scientific Institute of Processing and Food Industry LLP // <https://kazakh-zerno.net/158824-v-kazahstane-rastet-spros-na-produkty-pitanija-ne-soderzhashhie-gljuten-uchenye> / (Date of publication 08.12.2019).

4 **Mikhailik, D. S., Zhukov, G. V., Nikolaenkova, L. I., Kozlova, I. S., Bogdanova, T. A.** Celiac Disease: Disease and Lifestyle / D. S. Mikhailik, G. V. Zhukov, L. I. Nikolaenkova, I. S. Kozlova, T. A. Bogdanova // Zemsky doctor. – 2012. – No. 4. – P. 35–38.

5 **Grishchenko, A. M.** Improving the technology of bread with gluten-free raw materials: abstract: 05.18.01. National University of Technology. Kiev, 2011. – 20 p.

6 Drobot, V. Technology of gluten-free bread / Prikhodko Yu. S., Berezhna G. O. // Science NUKhT.– 2019. V. 21. – No. 1. – P. 208–214.

7 **Vitavskaya, A. V.** Method of production of bran bread «Klechatka» Kulazhanov K. S. // Patent RK No. 25726, 2012.

8 **Zharkova, I. M., Miroshnichenko, L. A., Roslyakov, Yu. F., Klikonos, A. A.** Method for the production of gluten-free bread // RF Patent No. 2015102878/13, 28.01.2015.

9 **Vitavskaya, A. V.** Method for the production of dietary probiotic bread / Kulazhanov K. S. // Patent RK No. 28014, 2013.

10 **Skurukhina, I. M.** Chemical composition of Russian food products : Handbook / V. A. Tutelyan - Ed. Corresponding Member MAI, prof. I. M. Skurikhina and academician of the Russian Academy of Medical Sciences, prof. V. A. Tutelyana. M. : DeLi print, 2002. – 236 p.

11 **Magomedov, G. O.** / Gluten-free flour composite mixtures / Shevyakova T. A., Plotnikova I. V., Zhuravlev A. A., Gladilina T. V. // RF Patent No. 33890, 2015.

12 **Zhuravleva, E. O.** / Gluten-free bread with milk thistle seed flour / O.O. Pasko, L.A. Kozubaeva. // RF Patent No. 89721, 2009.

13 **Dubrovskaya, N. O.** / Method for the production of gluten-free bread using fermented semi-finished product / Savkina O. A, Kuznetsova L. I., Parakhina O. I. // RF Patent No. 231589, 2007.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

***Н. Б. Утарова¹, А. Б. Нуртаева², М. М. Какимов³, Г. Д. Ақшораева⁴**

^{1,2,3,4}Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,

Республика Казахстан, г. Нур-Султан.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ХЛЕБА

В настоящее время перед пищевой промышленностью стоит задача не только обогащения продуктов питания, но и производить меньше продуктов, содержащих вещества, вызывающие аллергию и непереносимость. Глютен может вызывать неблагоприятные воспалительные, иммунологические и аутоиммунные реакции у некоторых людей. Обзор научной литературы позволил обосновать необходимость расширения ассортимента безглютеновых хлебобулочных изделий и возможность использования пищевых волокон, содержащиеся в продуктах питания.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, глютен, мука, безглютеновая выпечка.

***N. B. Utarova¹, A. B. Nurtayeva², M. M. Kakimov³, G. D. Akshorayeva⁴**

^{1,2,3,4}Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 15.06.21.

**METHODS OF GLUTEN-FREE BREAD
TECHNOLOGIES IMPROVEMENT**

The challenge for the food industry today is not only to fortify food, but also to produce fewer foods containing substances that cause allergies and intolerances. Gluten can cause adverse inflammatory, immunological, and autoimmune reactions in some people. A review of the scientific literature made it possible to substantiate the need to expand the range of gluten-free bakery products and the possibility of using dietary fiber contained in food

Keywords: bakery products, gluten, celiac, flour, gluten-free baked goods.

М. М. Какимов¹, *Г. М. Токышева², К. К. Макангали³

^{1,2,3}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,

Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЕРЕРАБОТКИ КОЗЛЯТИНЫ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Козы – это плодовитое и выносливый мелкий рогатый скот с широкой экологической адаптацией. Производство и потребление козлятины невелики, несмотря на важность данного вида, но этот сектор обладает огромным потенциалом для обеспечения продовольствием ежегодно растущего населения в мире. Представления о козлятине меняются из-за пользы для здоровья от потребления постного мяса с пониженным содержанием жира и холестерина. Был проведен мониторинг качественных показателей козлятины, который показал, что мясо коз ничем не уступает традиционным источникам мясного сырья, обладает диетическими свойствами.

Ключевые слова: козлятина, переработка, химический состав.

Введение

Козоводство – это отрасль животноводства, которая способна давать большое разнообразие продуктов и сырья. По данным продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) коз разводят в 170 странах мира и общее поголовье составляет более 1 153 702 тыс. голов. Ежегодно число коз увеличивается в среднем на 6 млн. голов, в основном за счет молочных и мясных пород. Распределение поголовья коз по континентам выглядит следующим образом: в Азии – 66,3 %, в Африке – 25,7 %, в Южной Америке – 3,2 %, в Европе – 2,6 %; в Северной и Центральной Америке – 2,1 %; в Океании – 0,1 %.



Рисунок 1 – Поголовье коз по континентам

Из наиболее перспективных стран в развитии козоводства считаются Китай (149 091,4 тыс. голов), Пакистан (70 300,0 тыс. голов), Индия (133 874,6 тыс. голов), Турция (10 416,2 тыс. голов), Иран (19 100,0 тыс. голов) [1]. На Американском континенте это такие страны как Мексика, Бразилия, Аргентина. В Европе – Балканские страны и страны Средиземноморья. Много коз также в Африке, особенно в тех странах, где сельское хозяйство имеет низкий уровень развития (Нигерия, Эфиопия, Кения). Европейскими лидерами в этой отрасли являются Франция и Голландия, хотя большая часть используемых пород выведена в Швейцарии.

По данным агентства статистики РК на 1 ноября 2018 года по сравнению с аналогичной датой прошлого года во всех категориях хозяйств численность коз уменьшилось на 1,7 % и составило 2 437,2 тыс. голов [2].

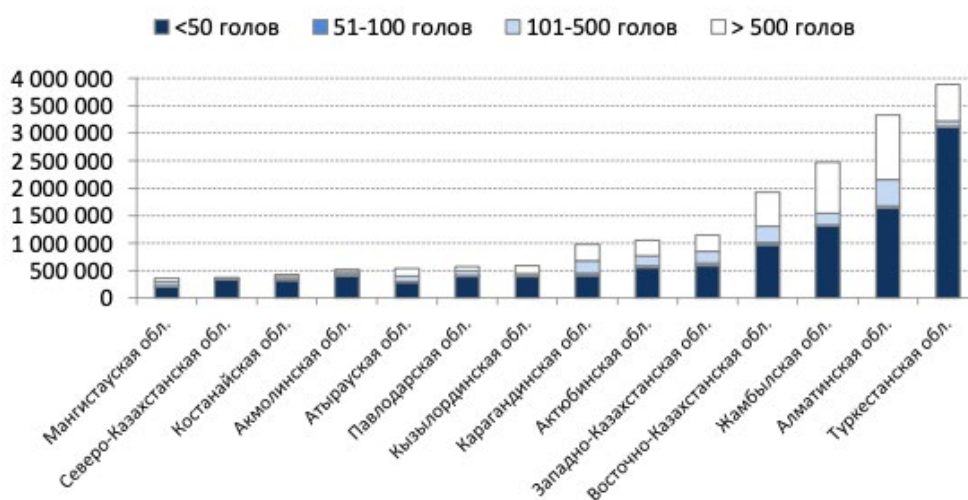


Рисунок 2 – Распределение поголовья овец и коз в зависимости от размера фермерского хозяйства

В структуре поголовья коз по категориям хозяйств самый большой процент занимает ЛПХ – 69,8 %, сельскохозяйственные организаций – 0,76 %, крестьянские хозяйства – 29,4 %

Наибольшая прибавка поголовья коз в Казахстане наблюдается в двух регионах: Алматынская – 295,54 тыс. голов; Түркістан – 255,1 тыс. голов.

Козы в Казахстане распределены неравномерно. Наибольшая их концентрация в южных регионах Казахстана с продолжительным периодом положительных температур в году, что позволяет круглогодичное содержание животных на пастбище, которые имеются в достаточном количестве.

Разведением коз в основном занимаются не крупные, а средние, мелкие фермерские и индивидуальные хозяйства без племенного статуса. В результате рынок ощущает острую нехватку племенных животных.

Козлятина не уступает по вкусовым качествам баранине, а козий жир обладает ценными лечебными свойствами. Мясо коз в большинстве стран рассматривают как деликатес, особым спросом пользуется мясо козлят, в котором содержится

до 20 % протеина, и небольшое количество жира [3]. Целью работы является мониторинг качественных и количественных характеристик козлятины.

Материал и методика исследований

ГОСТ 31777-2012 – Межгосударственный стандарт. Овцы и козы для убоя баранина, ягнятина и козлятина в тушах. Технические условия. Sheep and goats for slaughtering. Mutton, lambs and goats in carcasses. Specifications.

ГОСТ 1935-55 – Мясо – баранина и козлятина – в тушах. Технические условия. Meat-mutton and goat’s meat in carcasses. Specifications.

Результаты и обсуждение

Козлятина во всем мире считается постным красным мясом с диетическими свойствами [4; 5]. Козлятина имеет несколько более темный красный цвет, грубую текстуру и характерно иной вкус и аромат, по сравнению с бараниной [6]. Результаты сенсорных исследований показывают, что козлятина отличается, но, безусловно, не уступает баранине [7]. Козлятина и мясные продукты из нее также имеют тенденцию быть менее сочными, чем баранина, преимущественно из-за их пониженного содержания жира [8].

Качество мяса в значительной степени зависит от его химического состава (содержания в нем жира, белка, золы, влаги) и, следовательно, калорийности.

Таблица 1 – Качество мяса коз разных пород

Порода	Влага, %	Белок, %	Жир, %	Зола, %
Бурская	69,4	22,8	10,5	0,95
Зааненская	69,8	24,3	7,9	0,97
Ангорская	64,2	29,1	4,4	1,0

Белок козлятины имеет высокую биологическую ценность примерно 60,4 и коэффициент переваримости 97 %, основанный на испытаниях с крысами, получавшими 10 % уровень белка из козьего мяса [5].

Козлятина является очень хорошим источником белка и незаменимых аминокислот для удовлетворения диетических потребностей среднего взрослого потребителя. Аминокислотный состав мало различается между видами на основе постного мяса, в то время как различия более значительны на основе цельного мяса. Козлятина также является отличным источником железа, потому что гем-железо примерно на 5–10 % более доступно, чем негем-железо [5].

Выводы

Таким образом, козы-это адаптируемые и устойчивые жвачные животные, которые обеспечивают бесценный ресурс для обеспечения устойчивого животноводства и способствуют растущим потребностям в белке быстро растущего населения. Козлятина считается постным мясом, и есть признаки того, что спрос на это здоровое мясо будет расти. Производители коз должны использовать новые технологии и методы кормления для повышения продуктивности коз. Козлятина и продукты, производимые на ее основе как постный и здоровый продукт должны стать важной будущей инициативой по улучшению признания этого

вида мясного сырья в качестве альтернативного источника высококачественного белка животного происхождения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 <http://www.fao.org/home/ru/> [Электронный ресурс].
- 2 Данные Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан по состоянию на январь-октябрь 2018 года.
- 3 **Оспанова, А. Е.** Качество мяса коз Зааненской породы, выращиваемых в повышенной зоне радиационного риска бывшего СИЯП / А. Е. Оспанова, А. Т. Серикова, Д. Е. Иминова, М. Е. Мухамеджанова. Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2017. - №6.1 (140.1). - С. 42–44.
- 4 **Babiker, S. A., El Khider, I. A., Shafie, S. A.** Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. *Meat Sci.* 28. – P. 273–277.
- 5 **Webb, E. C., Casey, N. H., Simela L.** Goat meat quality. *Small Rumin. Res.* 60: P. 153–166.
- 6 **Casey, N. H., Van Niekerk, W. A., Webb, E. C.** Goats meat. In: Caballero B., Trugo L., Finglass P. editors, *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Academic Press, London. –2003. – P. 2937–2944.
- 7 **Webb, E. C., Casey, N. H., Simela, L.** Goat meat quality. *Small Rumin. Res.* 60. – P. 153–166.
- 8 **Tshabalala, P. A., Strydom, P. E., Webb, E. C., De Kock, H. L.** Meat quality of designated South African indigenous goat and sheep breeds. *Meat Sci.* 65(1): – 2005. – P. 563–570.
- 9 **Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S., Richardson, R. I., Wood G. D.,** «Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition». – *Meat Science*. – Vol. 78. – P. 256–269. – 2008.
- 10 **Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P., Hugo, A., Raats, J.** «Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review». – *Food Chemistry*. – Vol. 112. – 2009. – P. 279–289.

References

- 1 <http://www.fao.org/home/ru/> [Electronic resource].
- 2 Dannie Komiteta po statistike Ministerstva nacional'noj ekonomiki Respubliki Kazahstan po sostoyaniyu na yanvar'-oktyabr' 2018 goda [Data of the Committee on Statistics of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan as of January-October 2018].
- 3 **Ospanova, A. E.** Kachestvo myasa koz Zaanenskoj porody, vyrashchivaemyh v povyshennoj zone radiacionnogo riska byvshego SIYAP [The quality of meat of goats of the Saanen breed raised in the increased radiation risk zone of the former SNTS]. // *Molodoj uchenyj*. – 2017. – №6.1 (140.1). – P. 42–44.

4 Babiker, S. A., El Khider, I. A., Shafie, S. A. Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. Meat Sci. 28. – P. 273–277.

5 Webb, E. C., Casey, N. H., Simela L. Goat meat quality. Small Rumin. Res.60: P. 153–166.

6 Casey, N. H., Van Niekerk, W. A., Webb, E. C. Goats meat. In: Caballero B., Trugo L., Finglass P. editors, Encyclopedia of food sciences and nutrition. Academic Press, London. –2003. – P. 2937–2944.

7 Webb, E. C., Casey, N. H., Simela, L. Goat meat quality. Small Rumin. Res.60. – P. 153–166.

8 Tshabalala, P. A., Strydom, P. E., Webb, E. C., De Kock, H. L. Meat quality of designated South African indigenous goat and sheep breeds. Meat Sci.65(1): – 2005. – P. 563–570.

9 Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S., Richardson, R. I., Wood G. D., «Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition». – Meat Science. – Vol. 78. – 2008 – P. 256–269.

10 Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P., Hugo, A., Raats, J. «Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review». – Food Chemistry. – Vol. 112. – 2009. – P. 279–289.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

*М. М. Какимов¹, *Г. М. Тоқышева², Қ. Қ. Мақанғали³*

^{1,2,3}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЕШКІ ЕТІН ӨНДЕУДІ ДАМЫТУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Ешкілер-кең экологиялық бейімделуі бар құнарлы және төзімді ұсақ мал. Бұл түрдің маңыздылығына қарамастан, ешкі етін өндіру және тұтыну аз, бірақ бұл сектор әлемде жыл сайын өсіп келе жатқан халықты азық-түлікпен қамтамасыз етуде үлкен әлеуетке ие. Ешкі туралы идеялар май мен холестерин мөлшері аз майсыз ет тұтынудың денсаулыққа тигізетін пайдасына байланысты өзгереді. Ешкі етінің ет шикізатының дәстүрлі көздерінен еш кем түспейтінін, диеталық қасиеттері бар екенін көрсеткен ешкінің сапалық көрсеткіштеріне мониторинг жүргізілді.

Кілтті сөздер: ешкі етті, өңдеу, химиялық құрамы.

*M. M. Kakimov*¹, **G. M. Tokysheva*², *K. K. Makangali*³

^{1,2,3}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 15.06.21.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GOAT MEAT PROCESSING IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Goats are prolific and hardy small cattle with broad ecological adaptations. The production and consumption of goat meat is small, despite the importance of this species, but this sector has great potential to provide food for the world's growing population every year. Perceptions of goat meat are changing because of the health benefits of eating lean meat with reduced fat and cholesterol. The quality indicators of goat meat were monitored, which showed that goat meat is in no way inferior to traditional sources of raw meat, and has dietary properties.

Keywords: goat meat, processing, chemical composition.

***И. М. Мироненко**

ФГБНУ «Сибирский НИИ Сыроделия»,

Российская Федерация, г. Барнаул

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОКИСЛОТНЫХ НАТУРАЛЬНЫХ СЫЧУЖНЫХ СЫРОВ

В данной статье представлены особенности температурных параметров и режимов технологического процесса производства термокислотных натуральных сычужных сыров. Также рассматриваются новые разработки Сибирского научно-исследовательского института сыроделия (СибНИИС) – термокислотные сыры в ассортименте.

В сыроделии существует четыре способа свёртывания молока: кислотное, сычужное, кислотно-сычужное и термокислотное. В традиционной технологии производство сыров обычно используются три последних типа.

Основными влияющими на стабильность молока факторами являются температура и кислотно-щелочной баланс (рН), а также продолжительность их воздействия.

Таким образом, биотехнологические процессы преобразования компонентов молока зависят от технологических параметров и режимов (температуры, рН) время изменения их значений.

Ключевые слова: молоко, сыроделие, ферменты, свертывание, термокислотные сыры, технологический процесс производства.

Введение

Среди большого разнообразия продуктов питания одно из ведущих мест занимают натуральные сычужные сыры. Мировая наука о питании признает сыр, как высокопитательный, биологически полноценный продукт. Он является незаменимым и обязательным компонентом пищевого рациона человека. Обзор достижений в различных регионах мира по переработке молока подтверждает все возрастающую роль мягких сыров [1].

В последнее время увеличилось количество исследований по разработке новых видов мягких сыров из-за наличия у них ряда преимуществ по сравнению с твердыми и рассольными сырами. Их выпуск более экономичен, так как они менее требовательны к составу, свойствам и качеству перерабатываемого молока, что позволяет полнее и эффективнее использовать составные части молочного сырья, интенсифицировать технологию получения сырной массы. При этом для повышения эффективности производства возможно увеличение концентрации основных компонентов (белка и жира) в сырье. Помимо расширения ассортимента мягких сыров, большое внимание уделяется повышению их пищевой ценности,

в первую очередь получению сыра с максимальным использованием всех составных частей молока.

В сыродельной отрасли технологический процесс свёртывания молока базируются на теории коагуляции и образовании белковых хлопьев казеина. Приоритетность факторов влияния при коагуляции молока можно проследить по видам свертывания - сычужное, кислотно-сычужное, термокислотное.

Наиболее известный представитель группы термокислотных сыров – это мягкий сыр Рикотта.

Ricotta – разновидность семейства сывороточных сыров, производимых в разных модификациях – от мягкого, аналогичного сыру *коттедж*, до терочного. Его вырабатывают из цельного молока или сыворотки с добавлением или без добавления молока. Белки осаждают при помощи кислоты и нагревания. Сыр Рикоттон изготавливают только из сыворотки.

В классификации сыров, предложенной Р. И. Раманаускасом сыр Рикотта включён одновременно как в группу рассольных сыров, реализуемых без созревания (наряду с фетой, моцареллой, паниром, осетинским и др.), так и в группу мягких кисломолочных сыров, подгруппу свежих сыров, получаемых способом термокислотной коагуляции [2].

Из вышесказанного следует, что ассортимент сыров, объединённых общим названием Рикотта, включает множество модификаций, зависящих как от страны-производителя, так и от особенностей используемого сырья.

Общим технологическим процессом производства различных подвидов мягкого сыра Рикотта является использование высокотемпературной обработка при свертывании молока и получение сырного теста или зерен.

Известны следующие разновидности технологий получения Рикотты.

Итальянцы считают Рикотту национальным молочным продуктом. Слово «рикотта» действительно имеет итальянское происхождение: cotta – «изготовленная», ri – префикс, означающий повторение, т.е. дважды сваренный. Рикотта является традиционным продуктом южных регионов Италии (Лацио, Сицилии, Кампании, Апулии, Калабрии), а также и некоторых северных (Фриули-Венеции-Джулии, Ломбардии, Пьемонта).

В каждой области Италии готовят свою разновидность Рикотты, используя сыворотку из овечьего, коровьего молока или их смеси, и разные рецепты. Рикотта бывает разной жирности, её можно делать и из сливок и из молока (предпочтительно жирное молоко). Чаще всего Рикотту изготавливают из сыворотки, остающейся после приготовления моцареллы или других сыров.

В качестве подкисляющего агента используют лимонную, винную, молочную или другие кислоты. Процесс свёртывания осуществляется при температуре 80–90 °С. Рикотта может подвергаться дополнительной тепловой обработке и гомогенизации для улучшения показателей и сроков хранения. На этой стадии в продукт могут быть добавлены дополнительные ингредиенты – фрукты, зелень, специи и пр.

Англичане описывают производство Рикотты из цельного молока следующим образом. Сырьё: сырое молоко, закваска из культур *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus* (1,8–2,5 %), 0,05 % стабилизатора для предотвращения вспенивания и 0,02 % хлорида натрия. Термокислотную коагуляцию проводят при температуре порядка 80 °С.

После вычерпывания сгустка из ванны для полного осаждения белков в сыворотку вносят лимонную кислоту (около 1,5 % по массе).

При производстве Рикоттона (сывороточного сыра) в качестве сырья используется: сладкая сыворотка, полученная при выработке твёрдого сыра, с добавлением 5–10 % цельного молока и 0,1 % поваренной соли. Температура коагуляции порядка 85 °С. В качестве кислотного агента используют лимонную кислоту или белый уксус [3].

Национальные литовские сыры – Кименю и Лиго – вырабатывают из цельного или обезжиренного молока с добавлением творога, сливок, яиц и соли. В нагретое до 85–90 °С молоко добавляют хорошо измельчённый творог. Нагревание прекращают по мере выделения сыворотки. Сгусток после отделения сыворотки помещают в ванну с мешалкой и паровым обогревом, добавляют сливки, яйца с растворённой в них поваренной солью и тмин. Затем температуру вновь поднимают до 80 °С и перешивание продолжают до получения однородной массы с тягучей консистенцией. Затем сырную массу формуют и охлаждают. Срок реализации в зависимости от способа упаковки от 3-х до 15 суток [4].

Существует, так называемый термокислотный способ свертывания, при котором под влиянием совместного действия высоких температур и кислотности происходит быстрая коагуляция сывороточных белков и казеина молока. В России с его использованием вырабатывают сырную массу «Кавказ», сыр «Адыгейский» и «Адыгейский Альпийский», «Легенды Алтая» и другие [5].

Способ высокотемпературной коагуляции белков молока представляет интерес в плане увеличения выхода продукта, повышения пищевой и биологической ценности за счет максимального использования всех белковых компонентов сырья.

Термокислотная коагуляция является наиболее эффективной с точки зрения рационального использования белка. В сывороточных белках содержится больше незаменимых аминокислот, чем в казеине, поэтому вовлечение их в сырную массу способствует лучшей сбалансированности содержания незаменимых аминокислот и повышению биологической ценности готового продукта

В нашей стране наибольшее распространение среди сыров этой группы получил адыгейский сыр. Сыр вырабатывается путем свертывания нормализованного молока пастеризованного при температуре от 90 до 95 °С сывороткой кислотностью от 85 до 120 °Т с последующей специальной обработкой. Сыр содержит жира в сухом веществе 45 %, влаги – не более 60 %, поваренной соли – не более 2 %. Готовый продукт имеет нежную, слегка уплотнённую консистенцию.

Известен целый ряд сыров, изготавливаемых введением в горячее молоко в качестве осаждающего агента творога, с последующей термомеханической обработкой белковой массы с добавками (сливочным маслом, высокожирными

сливками, солью и специями), способствующей получению однородной, связной консистенции продукта.

Своеобразна технология свежего сыра «Ростовский». Сырная масса, полученная путем свертывания нормализованной смеси при температуре от 85 до 90 °С кислой сывороткой, смешивается при температуре от 40 до 45 °С с бактериальной закваской, поваренной солью и специями для придания ему сырного вкуса и улучшения качества продукта. В состав закваски входят протеолитические активные молочнокислые бактерии, способные за короткое время накапливать в белковой массе аминокислоты и обладающие свойствами кислото- и ароматообразования.

Материалы и методы

Материалы исследований: коровье молоко, молочная подсырная сыворотка, молоко сухое обезжиренное, бактериальные закваски для мягких сычужных сыров, ферментные препараты, сычужный сгусток, сырные зерна, мягкие сыры.

Методы исследований

- определение чистоты сырья ГОСТ 8218–79;
- определение бактериальной обсемененности – по методу определения редуктазы с резазурином ГОСТ 9255–84;
- определение сыропригодности молока – по бродильной и сычужно-бродильной пробе по ГОСТ 9255–84;
- определение массовой доли сухого вещества в молоке – по ГОСТ 3626–73;
- определение массовой доли жира в молоке – по ГОСТ 5867–90;
- определение массовой доли белка в молоке – по ГОСТ 23327–98;
- определение плотности молока – по ГОСТ 3625–84;
- определение титруемой кислотности молока – по ГОСТ 3624–92;
- определение активной кислотности (рН) – по ГОСТ 26781–85.

Результаты и обсуждения

В ходе проведения научно – исследовательской работы были проведены экспериментальные исследования процессов совместной термокислотной коагуляции белков цельного молока и несепарированной подсырной сыворотки и установлены оптимальные параметры производства белково-жирового продукта на примере мягких сыров с фирменным названием «Адыгейский Альпийский» и «Адыгейский Альпийский» копченый.

При отсутствии молока в смеси получаемый продукт по физико-химическим и органолептическим показателям характеризуется как альбуминная масса. При дозе молока в смеси 10–20 % консистенция и влажность продукта аналогичны сырной массе. С повышением дозы молока в смеси до 30 % и выше влажность, структура и органолептические показатели белково-жирового продукта характеризуют его как мягкий сыр аналогичный адыгейскому. Наиболее приемлемым по совокупности органолептических, физико-химических показателей и максимального содержания сыворотки (до 60 %) признан сыр, в составе сырьевого компонента имевший 40 % молока. При исследовании влияния физико-химических показателей сыворотки и молока на выход белково-жирового продукта установлено, что сухие вещества и

титруемая кислотность оказывают значительное влияние на полноту выделения белков и жира из сырьевых компонентов. Максимальный выход продукта наблюдался при кислотности сырья 18–22 °С.

При оптимальных режимах (температура 95° С продолжительность выдержки (30 ± 2) мин и рН (5,1 ± 0,1) ед.) отмечено наиболее полное выделение белка и жира, о чем свидетельствует минимальное (0,24–0,25 %) остаточное содержание белка и отсутствие жира в депротеинизированной сыворотке.

Исследована степень перехода молочного жира и сырной пыли из меси в белково-жировой продукт. Так количество сырной пыли уменьшается в 3 раза по сравнению с ее начальным содержанием в сыворотке, белок в смеси снижается в 7,5 раз, а жир полностью вовлекается в белково-жировой продукт.

Установлена зависимость расхода сырья от массовой доли молока и сыворотки в смеси при производстве белково-жирового продукта. Установлена целесообразность использования в качестве подкисляющего агента для производства сыра ТКО депротеинизированной сыворотки, сквашенной до 200 Т ацидофильной культурой *L. acidophilus* штамм 126, входящий в состав БАД «Биобактон», обладающей выраженной антагонистической активностью в отношении возбудителей острых кишечных инфекций. В результате опытных и производственных выработок определены оптимальные параметры формования, самопрессования, посолки и хранения продукта.

Теория и практика производства белково-жирового продукта подтвердила правильность выдвинутой гипотезы и подвела к созданию сыра мягкого термокислотного сыра, что в дальнейшем определило его фирменное название «Адыгейский Альпийский».

С целью улучшения стойкости сыров при хранении и придания специфического вкуса и аромата обрабатывали на них процессы натурального копчения.

Установлено, что при копчении при температуре 24–45 °С в течение 14–18 ч сыры и после 60-суточного хранения обладали выраженным вкусом и запахом копчения, привлекательным золотистым, светло-коричневым цветом.

Исследованы состав, пищевая и биологическая ценность сыра. Аминокислотный скор «Адыгейского Альпийского» сыра равен 100 %. Так биологическая ценность «Адыгейского Альпийского» сыра составляет 98,6 %, а адыгейского, выработанного с меньшим содержанием сывороточных белков (из-за отсутствия сыворотки в составе сырьевого компонента) – 96,9 %. Этот показатель у осетинского сыра с минимальным содержанием сывороточных белков составляет 82 %. Для производства сыра была разработана технологическая схема производства, разработано, изготовлено или модернизировано необходимое оборудование и формы.

Новизна технологических решений подтверждена решением о выдаче патента РФ по заявке «Способ производства мягкого сыра».

Разработаны ТУ 9225-006-44638330-2002 на сыр «Адыгейский Альпийский». Технология «Адыгейского Альпийского» сыра внедрена на молочном заводе ООО

«Хладокомбинат», выработано 2180 т сыра. Данная технология предлагается к тиражированию на молочных заводах Юга России.

Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что проведенными экспериментальными исследованиями подтверждена основная рабочая гипотеза о том, что применение способа совместной термокислотной коагуляции цельного молока и несепарированной подсырной сыворотки позволят рационально вовлечь содержащиеся в них азотсодержащие соединения и липидный комплекс в белково-жировой продукт с высокой пищевой и биологической ценностью и вкусовыми характеристиками. Установлено влияние дозы молока в смеси «цельное молоко – несепарированная подсырная сыворотка» на влажность и органолептические показатели белково-жирового продукта.

Список использованных источников

- 1 **Скотт, Р., Робинсон, Р. К., Уилби, Р. А.** Производство сыра: научные основы и технологии – СПб. : Профессия, 2005. – С. 15–27.
- 2 **Раманаускас, Р.** Классификация сыров // *Maisto chemija ir technologija*, 2009. Т. 43. № 2
- 3 <http://wikipedia.org/wiki/Рикотта> [Электронный ресурс].
- 4 <http://www.elf4m.ru> [Электронный ресурс].
- 5 <http://www.milkbranch.ru/publ/view/51.html> [Электронный ресурс].
- 6 Храмцов, А. Г. Феномен молочной сыворотки / А. Г. Храмцов – Санкт-Петербург : Профессия, 2011. – 504 с.
- 7 **Ван Слайк, Прайс, В.** Сыр: руководство по производству американского сыра «Чеддер» и некоторых других разновидностей сыра. – Пищепромиздат, 1983. – 240 с.
- 8 **Гудков, А. В.** Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / под ред. С. А. Гудкова. – М. : ДеЛи принт, 2003. – 265 с.
- 9 **Ельчанинов, В. В.** Номенклатура и биохимические свойства основных сывороточных белков коровьего молока. 2. Бета – лактоальбумин // *Сыроделие и маслоделие*, 2009. – № 2.
- 10 **Смирнова, И. А.** Исследование закономерностей формирования сыров с термокислотной коагуляцией. – Кемерово, 2011.

References

- 1 **Scott, R., Robinson, R. K., Wilby, R. A.** Cheese production: scientific bases and technologies. – St. Petersburg : Profession, 2005.
- 2 **Ramanauskas, R.** Classification of cheeses // *Maisto chemija ir technologija*, 2009. – Vol. 43. – no. 2
- 3 <http://wikipedia.org/wiki/Рикотта> [Elektronic resource].
- 4 <http://www.elf4m.ru> [Elektronic resource].

5 <http://www.milkbranch.ru/publ/view/51.html> [Elektronic resource].

6 **Hramcov, A. G.** Fenomen molochnoj syvorotki [Phenome of milk whey] / A. G. Hramcov – Sankt-Peterburg : Professiya, 2011. – 504 p.

7 **Van Slajk, Prajs, V.** Syr: rukovodstvo po proizvodstvu amerikanskogo syra «Cheddar» i nekotoryh drugih raznovidnostej syra [Cheese: A Guide to Making American Cheddar and Several Other Cheese] – Pishchepromizdat, 1983. – 240 p.

8 **Gudkov, A. V.** Syrodelie: tekhnologicheskie, biologicheskie i fiziko-himicheskie aspekty [Cheese making: technological, biological and physicochemical aspects] / pod red. S. A. Gudkova. – M. : DeLi print, 2003. – 265 p.

9 **El'chaninov, V. V.** Nomenklatura i biohimicheskie svojstva osnovnyh syvorochnyh belkov korovego moloka. 2. Beta – laktoalbumin [Nomenclature and biochemical properties of the main whey proteins in cow's milk. 2. Beta - lactoalbumin] // Syrodelie i maslodelie, 2009. – № 2.

10 **Smirnova, I. A.** Issledovanie zakonornostej formirovaniya syrov s termokislотноj koagulyaciej [Investigation of the regularities of the formation of cheeses with thermoacid coagulation] – Kemerovo, 2011.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

**И. М. Мироненко*

ФМБФМ «Сібір ірімшік өндеу ФЗИ»,

Ресей Федерациясы, Барнаул қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ТЕРМОҚЫШҚЫЛДЫ ТАБИҒИ МӘЙЕКТІ ІРІМШІКТЕРДІ ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Бұл мақалада температура параметрлері мен жылу қышқылды табиғи ірімшік өндірісінің технологиялық процесінің ерекшеліктері келтірілген. Сондай-ақ, Сібір ірімшік жасау ғылыми-зерттеу институтының (СибНИИС) жаңа әзірлемелері-сұрыпталымдағы Термо қышқылды ірімшіктер қарастырылуда.

Ірімшікте сүтті коагуляциялаудың төрт әдісі бар: қышқыл, итмұрын, қышқыл-итмұрын және жылу қышқылы. Дәстүрлі технологияда ірімшік өндірісі әдетте соңғы үш түрді қолданады.

Сүттің тұрақтылығына әсер ететін негізгі факторлар температура мен қышқыл-негіз балансы (рН), сондай-ақ олардың әсер ету ұзақтығы болып табылады.

Осылайша, сүт компоненттерін түрлендірудің биотехнологиялық процестері технологиялық параметрлер мен режимдерге (температура, рН) байланысты олардың мәндерінің өзгеру уақыты.

Кілтті сөздер: сүт, ірімшік өндеу, ферменттер, ұйыту, термо қышқылды ірімшіктер, өндірістің технологиялық процесі.

**I. Mironenko*

FSU «Research Institute of Siberian Cheese Processing»,

Russian Federation, Barnaul.

Material received on 15.06.21.

FEATURES OF THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF THERMOACID NATURAL RENNET CHEESES

This article presents the features of the temperature parameters and modes of the technological process of production of thermic acid natural rennet cheeses. New developments of the Siberian Research Institute of Cheese Making – SibNIIS) – thermoacid cheeses in the assortment are also considered.

In cheese making, there are four ways to curdle milk: acid, rennet, acid-rennet, and thermoacid. In traditional cheese production technology, the last three types are usually used.

The main factors affecting the stability of milk are temperature and acid-base balance (pH), as well as the duration of their exposure.

Thus, the biotechnological processes of converting milk components depend on the technological parameters and modes (temperature, pH) and the time of changing their values.

Keywords: milk, cheese-making, enzymes, coagulation, thermoacid cheeses, technological process of production.

***З. Т. Смагулова**

СФ ТОО «Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности»,
Республика Казахстан, г. Семей

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОБЕЛКОВОЙ КОРМОВОЙ СМЕСИ ИЗ ВТОРИЧНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ

В данной статье представлены результаты проведенной научно-исследовательской работы по разработке компонентного состава и технологического процесса производства нового вида высокобелковой кормовой смеси из молочной сыворотки – заменителя цельного молока (ЗЦМ) для вскармливания молодняка сельскохозяйственных животных.

В основу настоящей разработки положено решение задачи создания и использования такой кормовой смеси, состав которой обеспечивал бы лучшую усвояемость, обладал бы повышенной питательностью и биологической ценностью, а способ ее скармливания обеспечивал бы увеличение привесов сельскохозяйственных животных, сохранность молодняка.

Интерес и перспективу для отечественных производителей представляет реализация возможностей обеспечения сельского хозяйства дополнительными ресурсами дешевых высокобелковых кормов на основе молочной сыворотки, что обеспечивает сбалансированность рационов животных по недостающим питательным веществам и позволяет рационально использовать отходы промышленных производств при минимальных затратах дефицитных кормов.

В структуре себестоимости животноводческой продукции до 60–65 % занимает стоимость кормов, поэтому для достижения максимального уровня рентабельности необходимо снизить себестоимость кормов до минимума при одновременном увеличении производства продукции, что можно достигнуть за счет применения отходов пищевого производства.

Исходя из вышеизложенного, задача снижения себестоимости кормов может быть решена путем расширения ассортимента вводимых компонентов за счет использования вторичных ресурсов молочной промышленности, которые являются потенциальным сырьем в производстве кормов.

Ключевые слова: молоко, вторичные сырьевые ресурсы, молочная сыворотка, пахта, белковый обогатитель, заменитель цельного молока для вскармливания молодняка сельскохозяйственных животных (ЗЦМ).

Введение

В настоящее время большая часть сыворотки в необработанном виде используется для кормления сельскохозяйственных животных. Установлено, что при скармливании необработанной молочной сыворотки у животных часто наблюдаются желудочно-кишечные расстройства, обусловленные присутствием

значительного количества лактозы. Обработка же сыворотки ферментами с целью расщепления лактозы исключает возможность возникновения у животных заболеваний, связанных с лактозной непереносимостью. Молочная сыворотка после дополнительной обработки является сравнительно дешевым компонентом кормосмесей и заменителей цельного молока при кормлении сельскохозяйственных животных.

Кормовая ценность 100 л сыворотки составляет 10–13 корм. ед.; 12 л сыворотки по питательной ценности равны 1 кг ячменя или 6 л обезжиренного молока, поэтому роль молочной сыворотки для выращивания сельскохозяйственных животных, особенно молодняка, неоценима [1].

В Казахстане, в основном корма для животных готовятся на основе зерновых отходов, в них все питательные вещества находятся в недостаточном количестве для проявления максимальной продуктивности животных. Например, общее содержание минеральных веществ в зернах злаков колеблется от 1,5 до 5,0 % с преобладанием солей фосфорной кислоты и калия, кальция же – очень мало.

В настоящее время во многих странах прослеживаются четкие тенденции постоянного наращивания темпов производства заменителя цельного молока (ЗЦМ) с использованием вторичного молочного сырья. Особое значение имеет возможность использования как подсырной, так и творожной сыворотки в некоторых рецептурах заменителя цельного молока, что позволяет сэкономить эквивалентное количество обезжиренного молока и пахты для пищевых целей и в то же время получить заменители цельного молока высокой кормовой ценности. Хорошие результаты получают при включении в молочную основу заменителя цельного молока белковых компонентов растительного происхождения, имеющие в своем составе высокое содержание белка, способствующие повышению биологической ценности продукта [2].

Материалы и методы

Объекты исследований: белково-углеводное сырье (молочная сыворотка, пшеничные отруби тонкого помола, мука гороховая кормовая, подсолнечный жмых), пробиотические закваски, стабилизирующие комплексы, растительные масла, рецептуры, технологический процесс, параметры обработки, качественные показатели и хранимоспособность кормовых смесей, динамика изменения органолептических, физико-химических, микробиологических показателей кормовых продуктов.

Исследования проводились на основании санитарно-гигиенических требований для молочных продуктов по следующим показателям:

- определение титруемой кислотности по ГОСТ 3624-92;
- определение массовой доли жира по ГОСТ 5867-90;
- определение массовой доли белка по ГОСТ 23327-98;
- определение активной кислотности на рН метре (рН-121);
- определение массовой доли влаги и сухого вещества по ГОСТ 3626-73;
- динамика влияния кормовой смеси на рост и развитие животных.

Результаты и обсуждение

В связи с чем специалистами СФ ТОО «КазНИИ перерабатывающей и пищевой промышленности» проводятся прикладные исследования по разработке научно-обоснованных рецептур и технологии производства высокобелковой кормовой смеси из вторичного молочного сырья, предназначенных для питания молодняка сельскохозяйственных животных.

Преимущество предлагаемой технологий заключается в том, что их применение дает возможность получить кормовую смесь высокой питательной и биологической ценности.

Для повышения биологической ценности кормовой смеси сыворотку сбраживают бактериальным препаратом «Бифилакт-А», представляющим собой концентрат *Bifidobacterium bifidum* и *Lactobacillus acidophilus*. Применение пробиотиков приводит к предупреждению целого спектра желудочно-кишечных и легочных заболеваний, в том числе различных инфекций.

Применение ферментированной сыворотки способствует повышению питательности и усвояемости компонентов кормовых смесей. В качестве растительной добавки выбраны отходы пищевых производств: пшеничные отруби, мучка гороховая кормовая, подсолнечниковый жмых.

Подсолнечный жмых является ценным источником протеина, аминокислоты которого имеют высокую степень доступности и по коэффициенту перевариваемости лучше остальных жмыхов, что учитывался при составлении рецептуры кормовых смесей. Еще одно достоинство подсолнечного жмыха его относительно недорогая себестоимость.

Биологическая ценность мучки гороховой кормовой вдвое-втрое выше традиционной муки пшеничной: она намного более богата такими ценными веществами, как клетчатка, витамины А и Е, пантотеновая кислота, кальций, цинк, калий, магний, железо, фосфор. Дополнительным плюсом гороховой мучки является то, что она стоит во много раз дешевле и в ней не содержится холестерин [3].

Для кормления молодняка сельскохозяйственных животных наиболее ценные пшеничные отруби. Отруби от остальных видов зерна содержат в избытке клетчатку и могут быть использованы только в кормлении взрослых жвачных животных.

Применение данных растительных добавок необходимо для регуляции белкового и углеводного обмена, которые обеспечивают создание системы полноценного кормления и активизируют рефлекторную деятельность желудочно-кишечного тракта, восстанавливают ферментативную активность, ускоряют адаптационный период и приводят к повышению продуктивных показателей, усвояемости кормов [4; 5].

Производство данного вида корма для сельскохозяйственных животных позволяет высвободить значительную часть цельного молока, которые расходуется на корм животным, чем будет создана возможность увеличить производство молочных продуктов для населения и дополнительно произвести корм для молодняка сельскохозяйственных животных.

На основе подбора сырья и ингредиентов разработана рецептура высокобелковой кормовой смеси, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура высокобелковой кормовой смеси

Компоненты	Количество, кг
Сыворотка молочная обогащенная	916,5
Пшеничные отруби тонкого помола	15
Мука гороховая кормовая	45
Подсолнечный жмых	15
Соль поваренная	2,5
Метионин кормовой	3
Минерально-витаминная добавка	3

Разработанный технологический процесс производства нового вида высокобелковой кормовой смеси на основе молочной сыворотки состоит из следующих операций: сбор и подготовка сырья, термизация, охлаждение и раскисление сыворотки, заквашивание, сквашивание и ферментация, предварительная подготовка сухих компонентов и составление смеси продукта.

На основе подбора сырья и ингредиентов разработана технологическая схема производства высокобелковой кормовой смеси на основе молочной сыворотки и представлена на рисунке 1.

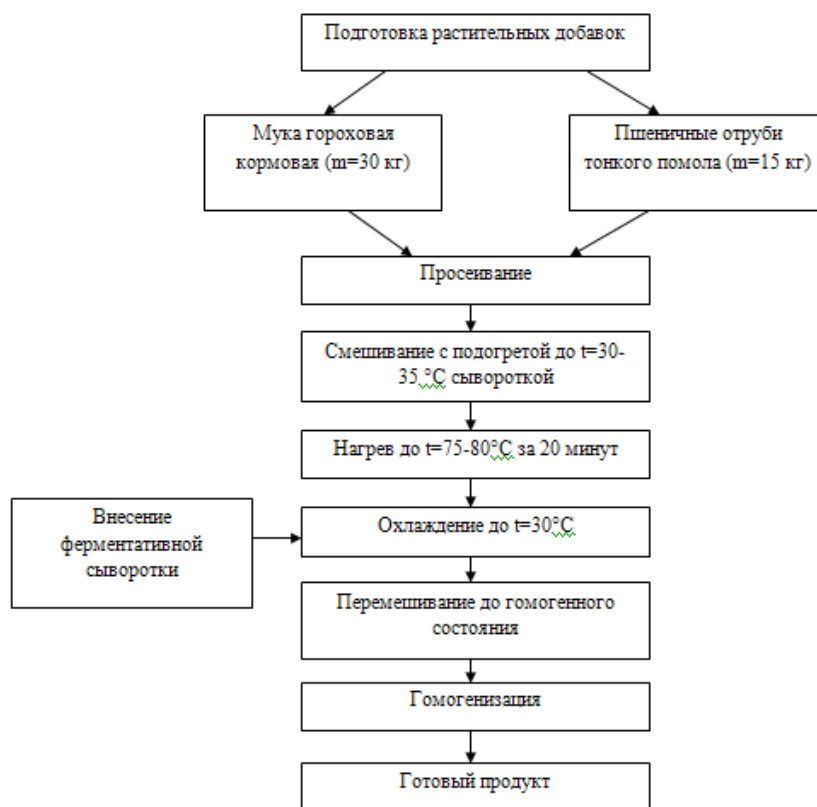


Рисунок 1 – Технологическая схема производства высокобелковой кормовой смеси

В лабораторных и полупроизводственных условиях СФ ТОО «Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности» был отработан рецептурный состав высокобелковой кормовой смеси, согласно технологическому процессу производства, а также проведены исследования на определение качества продукта.

Предварительная подготовка сухих компонентов. Мука гороховая, пшеничные отруби и размолотый жмых просеиваются через сито, что исключает возможность попадания в готовую смесь крупных частиц и посторонних предметов.

Пахту подогревают до 30–35 °С, при постоянном размешивании, затем небольшими порциями вносят отруби и муку гороховую кормовую в соотношении 2 : 1. Далее увлажненная смесь помещается в резервуар, где нагревается до 70–75 °С в течение 20 минут.

Подготовка сырья. Из сыворотки удаляют жир путем сепарирования при температуре 42 °С и отделяют казеиновые частицы. Полученную сыворотку охлаждают до 4–6 °С.

Сепарированную сыворотку терминируют при температуре 62 °С с последующим выдерживанием в течение 30–40 минут, не допуская денатура-

ции сывороточных белков, охлаждают до температуры 42 °С. Перед началом процесса ферментации сыворотку раскисляют 10 % раствором гидрокарбоната натрия (NaHCO_3), в количестве 10 % от объема сыворотки до значения рН 6,5.

Нейтрализованную сыворотку направляют в ферментатор, который отличается от обычного резервуара, тем, что в этой емкости можно поддерживать постоянную температуру 40 °С–45 °С. Вносят закваску *Lactobacillus acidophilus* (3 % от объема сыворотки) и ферментный препарат в количестве 0,25 кг на 1 т сыворотки. На рисунке 6 изображена используемая закваска.

Сыворотку подвергают ферментации, в процессе которой поддерживают постоянные значения температуры 40 °С и рН 6,0.

При снижении рН до 5,5–6 осуществляют добавление 10 %-ного раствора пищевой соды. Ферментацию проводят в течение 56 часов до достижения кислотности 70–75 °Т.

Процесс ферментации считали законченным, если в течение 30 мин не происходит изменения рН, это свидетельствует об окончании процесса накопления биомассы молочнокислых микроорганизмов, а значит и процесса гидролиза лактозы.

Далее ферментированный продукт охлаждают до температуры 6–8 °С, хранят не более 24 часов с момента окончания процесса ферментации.

Предварительная подготовка сухих компонентов заключается в просеивании и предварительном измельчении.

Мука гороховая, пшеничные отруби и размолотый жмых должны быть просеяны через сито, что исключает возможность попадания в готовую смесь крупных частиц и посторонних предметов.

Пахту свежую подогревают до 30–35 °С, при постоянном размешивании небольшими порциями вносят отруби и муку гороховую кормовую в соотношении 2 : 1. Далее увлажненная смесь помещается в резервуар, где нагревается до 70–75 °С в течение 20 минут.

В подогретую смесь вносят подготовленный жмых и соль, продолжают вести варку, повышая температуру до 85 °С, выдерживают в течение 10 минут. Смесь охлаждают до 30 °С, вносят остальные компоненты.

Готовая высокобелковая кормовая смесь на основе молочной сыворотки была представлена на оценку преподавателям кафедры биотехнологии.

Проведена апробация эффективности использования кормовой смеси на основе молочной сыворотки в рационе животных с изучением действия на рост и продуктивность животных.

Научно-хозяйственный опыт проведен в условиях КХ «Е. Бреенг» с. Теренколь Качирского района Павлодарской области на молодняке.

В ходе проведения научно-хозяйственного опыта учитывали следующие показатели: клинико-физиологическое состояние путем ежедневного наблюдения за аппетитом животных, их активность, отсутствие видимых симптомов заболеваний, травм, консистенции и регулярности выделений продуктов жизнедеятельности.

Путем взвешиваний определяли изменение живой массы подопытных животных, по их результатам рассчитывали динамику среднесуточных и валовых приростов живой массы и затраты корма на единицу продукции.

На основании результатов контрольных взвешиваний, была определена продуктивность подопытных поросят абсолютный и относительный приросты живой массы. Показатели продуктивности животных за опыт представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение живой массы молодняка на доращивании и затраты энергии на 1 кг прироста в научно-хозяйственном опыте

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
Живая масса, кг:		
в начале опыта	19,5±0,19	19,3±0,21
в конце опыта	26,2 ±0,36	29,7±0,43
Абсолютный прирост, %	6,7	10,4
Относительный прирост, %	29,3	42,4
Ср. суточный прирост, г	224±0,36	347±0,43
% к контролю	100	137
Затраты на 1 кг прироста:		
ЭКЕ	5,30	4,83
% к контролю	100,00	91,1
Переваримый протеин, г	547	519
% к контролю	100,00	94,88

В целом за опыт наилучший результат был получен в опытной группе, получавшей дополнительно кормовую смесь на основе сыворотки. Среднесуточный прирост опытной группы животных составляет 347 грамм при затратах на 1 кг привеса 4,83 корм. ед., по сравнению с контрольным 224 грамм 5,30 корм. ед.

Введение в состав рациона опытной группы кормовой смеси способствовало снижению затрат на 1 кг прироста ЭКЕ на 8,9 % перевариваемого протеина на 8,96 %, что также явилось наилучшим результатом по сравнению с контрольной группой.

Использование в составе рационов животных различных кормовых добавок, как правило, способствует улучшению процессов переваривания и усвоения питательных веществ кормов, содержащихся в рационе. От интенсивности и степени переваримости питательных веществ, их биологической доступности в организме животных зависит эффективность использования всех питательных элементов на процессы жизнедеятельности и синтез продукции.

В нашем эксперименте при дополнительном введении кормовой смеси в рацион молодняка коэффициент переваримости сухого вещества был больше в опытной группе и превышал этот показатель по отношению к контролю на 0,7 %.

Переваримость органического вещества так же была лучше в этой группе и превысила контрольную группу на 2,2 %. Из органических веществ лучший коэффициент переваримости отмечается по сырому жиру, и превысил контроль на 2,8 %. Разница по переваримости сырого протеина в этой группе не превышает 2,3 %, а БЭВ – 0,8 %. Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
Сухого вещества	73,1±0,8	74,2±1,4
Органического вещества	76,4±0,6	78,6±1,4
Сырого протеина	72,4±0,4	74,7±1,8
Сырого жира	43,8±0,9	46,6±1,5
Сырой клетчатки	17,9±0,8	17,4±1,3
БЭВ	84,8±0,7	85,6±1,2

Таким образом, результаты опыта применения кормовой смеси в рационах молодняка позволили обеспечить нормальное развитие животных, отсутствие желудочно-кишечных заболеваний, способствует увеличению переваримости питательных веществ, полностью сохранить поголовье, исключить применение антибиотиков в лечебных и профилактических целях. Случаев диареи, требовавших ветеринарного вмешательства, не отмечено ни в одной группе.

Выводы

На основании вышеизложенного считаем перспективным развитие технологии получения из натурального сырья – сыворотки, использование данной технологии позволит обеспечить рациональное и максимальное использование особенно остатков творожной и сырной сыворотки, повысить биологическую ценность кормов и продуктивность мяса и повысить рентабельность производства.

Для организации данной кормовой смеси не нужно приобретать новое оборудование, технология легко воспроизводима, не трудоемка, не требует особых энергетических затрат.

Список использованных источников

- 1 **Косолапов, В. М.** Кормопроизводство: проблемы и пути решения / В. М. Косолапов // Ваш сельский консультант. – 2010. – № 2. – С. 25–28.
- 2 **Воротников, И. Л.** Ресурсосберегающее развитие перерабатывающих отраслей АПК // Экономика сельского хозяйства и перерабатывающих предприятий. – 2010. – № 10. – С. 21–23.
- 3 **Храмцов, А. Г.** Феномен молочной сыворотки. – СПб. : Профессия, 2011. – 804 с.

4 **Храмцов, А. Г.** Использование молочной сыворотки в производстве заменителей цельного молока: Обзорная информация // Храмцов А. Г., Нестеренко П. Г., Чеботарев Е. А., Михайлов Н. И., Кравченко Э. Ф. – М. : ЦНТИИТЭ мясомолпром, 1981. – 34 с.

5 **Константинов, В. И.** Эффективность использования ферментных препаратов в рационах свиней / В. И. Константинов, Н. А. Солдатников, Е. Е. Кудряшов // Свиноводство. – 2005. – № 2. – С. 21–23.

6 **Евдокимов, И. А., Золотин, М. С.** Рациональные технологии переработки вторичного молочного сырья // Молочная промышленность. – № 11. – 2007. – С. 45–46.

7 **Храмцов, А. Г., Василисин, С. А.** Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 5 Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 576 с.

8 **Кравченко, Э. Ф., Волкова, Т. А.** Использование вторичного молочного сырья в России и за рубежом // Молочная промышленность. – №4. – 2007. – С. 58.

9 **Гаврилова, Н. Б.** Функциональные продукты на основе молока и его производных // Молочные продукты XXI века и технологии их производства : межвузовский сб научн трудов – Омск, 2004.

10 **Крючкова, И. Б.** Использование творожной сыворотки : опыт предприятия // Молочная промышленность. – 2012. – № 11. – С. 58–59.

References

1 **Kosolapov, V. M.** Forage production: problems and solutions / V. M. Kosolapov // Your rural consultant. - 2010. – No. 2. – P. 25–28.

2 **Vorotnikov I. L.** Resource-saving development of processing industries of the agro-industrial complex // Economics of agriculture and processing enterprises. – 2010. – No 10. – P. 21–23.

3 **Khramtsov, A. G.** The phenomenon of milk serum. – St. Petersburg: Profession, 2011. – 804 p.

4 **Khramtsov, A. G.** The use of milk whey in the production of whole milk substitutes: Overview information // Khramtsov A. G., Nesterenk, P. G., Chebotarev E. A., Mikhailov N. I., Kravchenko E. F. – M. : CNTIITE myasomolprom 1981, 34 p.

5 **Konstantinov, V. I.** Efficiency of the use of enzyme preparations in the diets of pigs / V. I. Konstantinov, N. A. Soldatnikov, E. E. Kudryashov // Svinovodstvo. – 2005. – No. 2. – P. 21–23.

6 **Evdokimov, I. A., Zolotin, M. S.** Racionalnye tekhnologii pererabotki vtorichnogo molochnogo syrya [Rational technologies for processing secondary dairy raw materials] // Molochnaya promyshlennost. – №11. – 2007. – P. 45–46.

7 **Hramcov, A. G., Vasilisin, S. A.** Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva. Tekhnologiya i receptury. T.5 Produkty iz obezzhirennoy moloka, pahty i molochnoy syvorotki [Dairy production technologist's guide. Technology and recipes. T. 5 Products from skim milk, buttermilk and whey] – SPb. : GIORД, 2004. – 576 p.

8 **Kravchenko, E. F., Volkova, T. A.** Ispolzovanie vtorichnogo molochnogo syrya v Rossii i za rubezhom [Use of secondary milk raw materials in Russia and abroad] // Molochnaya promyshlennost. – № 4. – 2007. – P. 58.

9 **Gavrilova, N. B.** Funkcionalnye produkty na osnove moloka i ego proizvodnyh [Functional products based on milk and its derivatives] // Molochnye produkty НКНІ века i tehnologii ih proizvodstva: mezhvuzovskij sb nauchn trudov – Omsk, 2004.

10 **Kryuchkova, I. B.** Ispolzovanie tvorozhnoj syvorotki: opyt predpriyatiya [Use of curd whey: experience of the enterprise] // Molochnaya promyshlennost. – 2012. – № 11. – P. 58–59.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

***3. Т. Смагулова**

«Қазақ өнеркәсіпті қайта өңдеу және азықтық ғылыми-зерттеу институты»
ЖШС Семей филиалы,
Қазақстан Республикасы, Семей қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

**ҚАЙТАЛАМА СҮТ ШИКІЗАТЫНАН ЖАСАЛҒАН АҚУЫЗЫ
ЖОҒАРЫ АЗЫҚТЫҚ ҚОСПА ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ**

Бұл мақалада ауыл шаруашылығы жануарларының жас төлін тамақтандыруға арналған қаймағы алынбаған тұтас сүтті алмастырушы-сүт сарысуынан (ТСА) ақуызы жоғары жемшөп қоспасының жаңа түрін өндірудің компоненттік құрамын және технологиялық процесін әзірлеу бойынша жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмысының нәтижелері ұсынылған.

Бұл дамудың негізі құрамы жақсы сіңімділікті қамтамасыз ететін, тағамдық құндылығы мен биологиялық құндылығын арттыратын және оны тамақтандыру әдісі ауылшаруашылық жануарларының салмағын арттыруды, жас жануарлардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін осындай жем қоспасын жасау және пайдалану мәселесін шешуге негізделген.

Отандық өндірушілер үшін қызығушылық пен перспектива Ауыл шаруашылығын сүт сарысуы негізінде арзан ақуызы жоғары жемшөптің қосымша ресурстарымен қамтамасыз ету мүмкіндіктерін іске асыру болып табылады, бұл жетіспейтін қоректік заттар бойынша жануарлар рационының теңгерімділігін қамтамасыз етеді және тапшы жемнің ең аз шығынымен өнеркәсіптік өндіріс қалдықтарын ұтымды пайдалануға мүмкіндік береді.

Мал шаруашылығы өнімінің өзіндік құны құрылымында жем-шөптің құны 60–65 %-ға дейін жетеді, сондықтан рентабельділіктің ең жоғары деңгейіне қол жеткізу үшін азық-түлік өндірісінің қалдықтарын пайдалану есебінен қол жеткізуге болатын өнім өндірісін бір мезгілде ұлғайта отырып, жем-шөптің өзіндік құнын минимумға дейін төмендету қажет.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, жемнің өзіндік құнын төмендету міндеті Жем өндіруде әлеуетті шикізат болып табылатын

сүт өнеркәсібінің қайталама ресурстарын пайдалану арқылы енгізілетін компоненттердің ассортиментін кеңейту арқылы шешілуі мүмкін.

Кілтті сөздер: сүт, қайталама шикізат ресурстары, сүт сарысуы, айран, ақуызды байытқыш, ауыл шаруашылығы жануарларының жас төлдерін тамақтандыруға арналған қаймағы алынбаған тұтас сүтті алмастырғыш.

***Z. Smagulova**

SF LLP «Kazakh Research Institute of Food and Processing Industry»,

Republic of Kazakhstan, Semey.

Material received on 15.06.21.

DEVELOPMENT OF HIGH-PROTEIN FEED MIXTURE TECHNOLOGY FROM SECONDARY DAIRY RAW MATERIALS

This article presents the results of the research work carried out on the development of the component composition and technological process for the production of a new type of high-protein feed mixture from whey – a substitute for whole milk (WMS) for feeding young farm animals.

The basis of this development is the solution of the problem of creating and using such a feed mixture, the composition of which would provide better digestibility, would have increased nutritional value and biological value, and the method of feeding it would ensure an increase in the weight gain of farm animals, the safety of young animals.

Of interest and perspective for domestic producers is the realization of the possibilities of providing agriculture with additional resources of cheap high-protein feed based on whey, which ensures a balanced diet of animals for the missing nutrients and allows rational use of industrial waste with minimal costs of scarce feed.

In the structure of the cost of livestock products, up to 60–65 % is occupied by the cost of feed, so in order to achieve the maximum level of profitability, it is necessary to reduce the cost of feed to a minimum while increasing production, which can be achieved through the use of food production waste.

Based on the above, the task of reducing the cost of feed can be solved by expanding the range of input components through the use of secondary resources of the dairy industry, which are potential raw materials in the production of feed.

Keywords: milk, secondary raw materials, whey, buttermilk, protein fortifier, whole milk substitute for feeding young farm animals (WMS).

МРНТИ 14.37.27

<https://doi.org/10.48081/JZFP9126>

А. Т. Жолдасова

Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

МОНИТОРИНГ СТРОИТЕЛЬСТВА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ MICROSOFT PROJECT

В данной статье представлена теоретическая модель мониторинга строительства с помощью программы Microsoft Enterprise Project Management (EPM) – это программный комплекс управления проектами (Project Management) в крупных компаниях, который разработан в соответствии со всеми международными стандартами в области управления проектами.

Проектное управление – это управление важными видами деятельности в организации, которые требуют постоянного руководства в условиях строгих ограничений по затратам, срокам и качеству работ.

Управление проектом представляет собой методологию организации, планирования, руководства, координации человеческих и материальных ресурсов на протяжении реализации проекта, путем применения системы современных методов, техники и технологий управления для достижения результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству.

Ключевые слова: управление проектами, программа MS Project, календарный план, проекты.

Введение

В настоящее время при начале строительно-монтажных работ всегда имеются строительные риски, такие как нехватка бюджета или удорожание строительства объекта, удорожание материалов, срыв сроков строительства по разным причинам, а также низкое качество строительства. Мониторинг дает возможность наглядно сравнить заданные и фактические данные, при планировании проекта и его реализации.

Одним из наиболее эффективных способов составления и контроля реализации графика строительных работ является компьютерная программа Microsoft Project. Использование данной системы MS Project дает возможность быстро выполнить корректировку графика строительных работ, но и оценить риски и учесть требуемые ресурсы для корректировки проектных решений уже на стадии строительства [1, 2].

Материалы и методы

Метод критического пути – в основе метода лежит определение наибольшей последовательности задач от начала строительства и до его завершения с учетом их связи. Задачи, лежащие на критическом пути имеют нулевой резерв времени выполнения работ и в случае изменения их продолжительности изменяются сроки всего проекта строительства [3].

Диаграмма Ганта – это отрезки, которые размещаются на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок совпадает отдельной задаче или подзадаче. Задачи и подзадачи, составляющие план, размещаются по вертикали. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени совпадают началу, концу и продолжительности задачи [4].

Для примера выбран один из проектов мостовых переходов.

Он представлен металлическим неразрезным пролетным строением на четырех опорах (рисунок 1). Русловые опоры (№ 2,3) представляют собой сборно-монолитные конструкции с опорой на ростверк.

Пролет представлен неразрезной металлической коробчатой балкой длиной 63 м. Пролет разбит поперек оси моста на блоки коробчатого сечения длиной 10,5 м, в продольном направлении оно состоит из трех монтажных блоков длиной 21 м, приближенных между собой по массе. Монтажные блоки состоит из двух блоков и объединяются между собой на высокопрочных болтах.

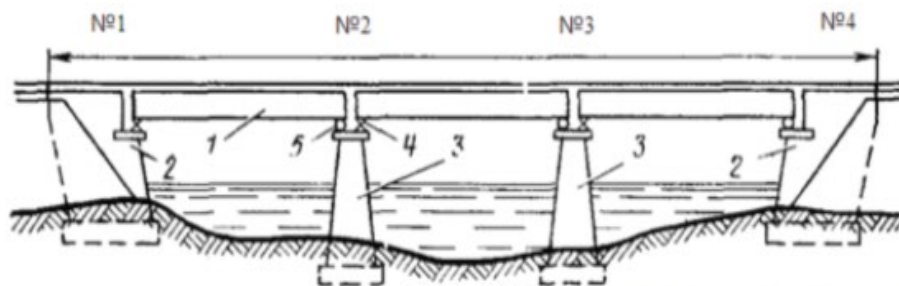


Рисунок 1 – Схема мостового перехода:
 1 – пролетное строение; 2 – устои (№1, №4); 3 – быки (№2, №3); 4 – неподвижные опорные части; 5 – подвижные опорные части

Рисунок 1 – Схема мостового перехода

В примере будет дана оценка срокам строительства по вариантам при заданном уровне надежности.

Вариант 1 – летний сезон. Строение русловых опор предусмотрено с устройством стационарной площадки для кранов в виде понтонов КС – 63. Площадку из понтонов КС – 63 собирают на берегу, на стапеле, и после спуска поставляют по воде к месту спуска. Все понтоны объединяют между собой воздушной сетью, присоединяя к компрессору. Монтаж среднего пролетного строения длиной 21 м (между 2-й и 3-й опорами) предусмотрен наплавным способом при высоком уровне перекачки, с использованием крана для сборки пролетного строения, а для транспортирования – речных плав средств.

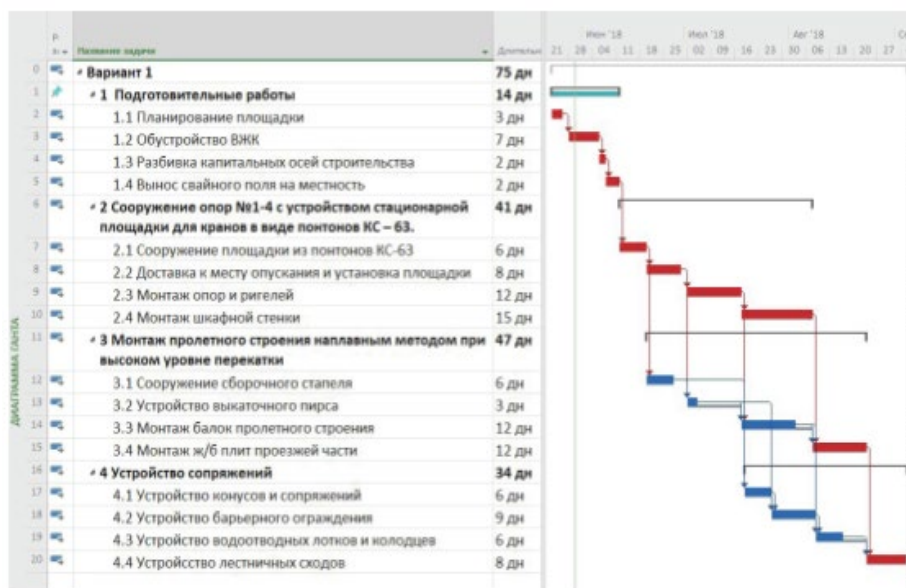


Рисунок 2 – График №1. Летний вариант

Рисунок 2 – График производства работ в летний сезон

Вариант 2 – зимний сезон. Предполагается строение опоры со льда. Подготовительные работы включают в себя устройство подъездных дорог, а также разработку льда и грунта до проектной отметки в районе котлована при помощи крана с грейфером, с дальнейшей отгрузкой разработанной породы в отвал автосамосвалами.

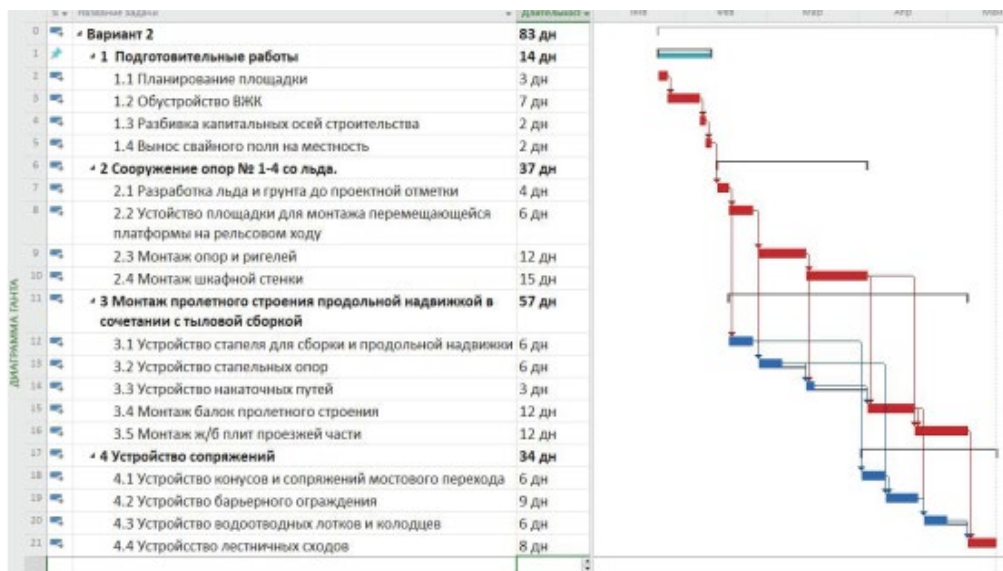


Рисунок 3 – График № 2. Зимний вариант

Рисунок 3 – График производства работ в зимний сезон

Оба варианта отличаются друг от друга по всем признакам ввиду сезонных различий, технологий строительства, а также резервов, используемых для строения котлована. Основной процесс возведения опор не имеет различий в использовании техники при бетонировании и выборе кранового оборудования.

Основным преимуществом летнего варианта являются маленькая продолжительность строительства и более экономное расходование резервов. Но при строительстве понадобятся плавсредства, которые арендуются у речного флота. Данное обстоятельство может повысить степень риска при строительстве. Устройство со льда потребует больше времени, но положительным показателем является наличие свободного неограниченного рабочего места [5].

Анализируя технико-экономические показатели, приходим к следующим выводам: оба варианта (летний и зимний) имеют свои плюсы и минусы как по экономическим соображениям, так и по продолжительности строительства [6] [7].

Для принятия правильного решения использованы методы расчета календарных графиков и имитационного моделирования в программе MS Project при статистической неопределенности параметров работ. Установлены связи предшествования между работами. В MS Project в автоматическом режиме с заданными исходными данными для каждого варианта выполнены расчеты графиков в виде диаграмм Ганта и сетевых графиков с определением критического пути. На рисунках 1, 2 представлены укрупненные графики по вариантам с нормативной продолжительностью работ. Критический путь в летнем варианте организации строительства (рисунок 2) проходит через работы 1.1–1.4; 2.1–2.4; 3.4; 4.4. В зимнем варианте (рисунок 3) к критическому пути относятся работы 1.1–1.4; 2.1–2.4; 3.4, 3.5; 4.4. При изменении структуры графиков, например за счет детализации по участкам работ, критический путь может меняться, давая тем самым более точную оценку продолжительности строительства. Для вероятной оценки сроков реализации проекта по каждому варианту выполнялись расчеты еще с тремя показателями длительности работ: оптимистической, пессимистической и наиболее вероятной (математическое ожидание). В данной работе пессимистическая оценка продолжительности отдельных работ принята на 50 % больше нормативной, оптимистическая – на 15 % меньше, математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение рассчитывались для каждого вида работ соответственно по формулам (2) и (3) в программе Excel. В таблице 1 представлены результаты расчетов общей продолжительности строительства мостового перехода по вариантам в программе MS Project с разными вероятностными сроками длительности отдельных работ.

Таблица 1 – Прогноз продолжительности строительства

Тип вероятностной оценки длительности видов работ	Прогноз продолжительности проекта по вариантам, дни	
	летний сезон	зимний сезон
Оптимистическая	65,1	72,0
Пессимистическая	112,5	118,5
Нормативная	75,0	83,0
Математическое ожидание	84,0	92,8

Источник: составлено авторами в процессе имитационного моделирования в MS Project

Используя таблицы стандартного нормального распределения, определим сроки выполнения всего комплекса работ мостового перехода по вариантам строительства с вероятностью 90 %.

Для первого варианта (летний сезон) продолжительность с 90 % обеспеченностью составила 89 дней, для 2-го варианта (зимний сезон) – 98 дней. Опираясь на полученные данные можно сделать вывод, что при одинаковом уровне риска (10 %) строительство мостового перехода в летний сезон можно осуществить в более короткие сроки. Однако вероятность завершения строительства в зимнее время несколько выше. Эти данные будут полезны как для заказчика, так и для подрядчика при заключении договора на строительство [8].

Результаты и обсуждение

На основе проведенных исследований был разработан алгоритм действий для моделирования строительных проектов в программе MS Project. Результатом этого моделирования будет информация для выбора вариантов организационно-технологических решений:

1 Структурировать проект на комплексы работ и рабочие процессы по участкам работ.

2 Определить технологическую последовательность и способы выполнения рабочих процессов, установить связи предшествования между отдельными работами.

3 В программе MS Project рассчитать календарные графики в виде диаграмм Ганта, сетевые графики с определением критических и подкритических путей, резервов времени с учетом положительных и отрицательных связей между работами.

4 Оценить ожидаемые сроки выполнения проекта с разным уровнем надежности, вероятность выполнения проекта в директивные сроки [9-10].

Выводы

Благодаря функциям Microsoft Project и ее возможностям все участники процесса имеют возможность работать четко, слаженно и в установленные сроки., а также с помощью данной программы возможно сократить продолжительность строительства, а также уменьшить стоимость строительства объекта, с помощью применения необходимых ресурсов, в части уменьшения затрат, замены материалов и некоторых конструкций, проанализировать какие именно работы

можно осуществлять параллельно что как раз-таки значительно сокращает сроки строительства.

Исходя из этого, существует необходимость в мониторинге строительства объекта, с помощью современных информационных систем, а именно программы Microsoft Project.

Список использованных источников

- 1 ISO 21500:2012 Управление проектами
- 2 Управление проектами : фундаментальный курс : учебник / А. В. Алёшин, В. М. Аньшин, К. А. Багратиони и др.; под ред. В. М. Аньшина, О. Н. Ильиной; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», 2013. – 620 с.
- 3 **Болотин, С. А., Дадар, А. Х., Птухина, И. С.** Том 15. – № 3. – 2018. – Имитация календарного планирования в программах информационного моделирования зданий и регрессионная детализация норм продолжительностей строительства // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 7. – С. 82–86.
- 4 **Бовтеев, С. В., Терентьева, Е. В.** Управление сроками строительного проекта // Управление проектами и программами. – 2014. – № 2 (38). – С. 158–173.
- 5 ГОСТ Р 54869 Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом.
- 6 **Идрисов, А. Б., Картышев, С. В., Постников, А. В.** Стратегическое планирование и анализ эффективности инвестиций – М. : Информационно-издательский дом «ФИЛИНЪ», 1996. – 272 с.
- 7 **Липсиц, И. В., Косов, В. В.** Инвестиционный проект : Методы подготовки и анализа. Учебно-справочное пособие. – М. : Издательство БЕК, 1996. – 304 с.
- 8 **Балашов, А. И.** Управление проектами : учебник для бакалавров/ А. И. Балашов, Е. М. Рогова, М. В. Тихонова, Е. А. Ткаченко: под. общ. ред. Е. М. Роговой. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 383 с.
- 9 Управление проектами: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / И. И. Мазур (и др.); под общим ред. И. И. Мазур и Шапиро В. Д. – 10-е изд., стер. – М. : Издательство «Омега – Л», 2014. – 960 с.
- 10 **Райзберг, Б. А., Лобко, А. Г.** Программно-целевое планирование и управление : Учебник. – М. : ИНФРА-М, 2002. – 428 с. – [Электронный ресурс]. <https://mysocrat.com/book-card/17323-programmno-celevoe-planirovanie-i-upravlenie/>

References

- 1 ISO 21500: 2012 Project Management
- 2 Project management: fundamental course : textbook / A.V. Aleshin, V. M. Anshin, K. A. Bagrationi, etc.; ed. by V. M. Anshin, O. N. Ilyina; Nats. research. univ. «Higher School of Economics», 2013. – 620 p.
- 3 **Bolotin, S. A., Dadar, A. Kh., Ptukhina, I. S.** Volume 15. – No. 3. – 2018. Simulation of calendar planning in building information modeling programs and

regression detailing of construction duration norms // Engineering and construction magazine. – 2011. – No. 7. – P. 82-86.

4 **Bovteev, S. V., Terentyeva, E. V.** Managing the terms of a construction project. – 2014. – No. 2 (38). – P. 158–173

5 GOST R 54869 Project management. Project management requirements.

6 **Idrisov, A. B., Kartyshev, S. V., Postnikov, A. V.** Strategic planning and analysis of investment efficiency. – Moscow : FILIN Information and Publishing House, 1996. – 272 p.

7 **Lipsits, I. V., Kosov, V. V.** Investment project Methods of preparation and analysis. Educational and reference manual. – M. : BEK Publishing House, 1996. – 304 p.

8 **Balashov, A. I.** Project management : a textbook for bachelors / A. I. Balashov, E. M. Rogova, M. V. Tikhonova, E. A. Tkachenko : ed. by E. M. Rogova. – Moscow : Yurayt Publishing House, 2014. – 383 p.

9 Project management: study. manual for students studying in the specialty «Organization management» / I. I. Mazur (et al.); under the general editorship of I. I. Mazur and Shapiro V. D. – 10th ed., ster. – Moscow : Publishing House «Omega-L», 2014. – 960 p.

10 **Raizberg, B. A., Lobko, A. G.** Program-target planning and management : Textbook. – Moscow : INFRA-M, 2002 – 428 p. – [Elektronic resource]. <https://mysocrat.com/book-card/17323-programmno-celevoe-planirovanie-i-upravlenie/>

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

**А. Т. Жолдасова*

Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

MICROSOFT PROJECT БАҒДАРЛАМАСЫ АРҚЫЛЫ ҚҰРЫЛЫСТЫ БАҚЫЛАУ

Бұл мақалада Microsoft Enterprise Project Management (EPM) бағдарламасының көмегімен құрылыс мониторингінің теориялық моделі ұсынылған – бұл жобаларды басқару саласындағы барлық халықаралық стандарттарға сәйкес әзірленген ірі компаниялардағы жобаларды басқарудың бағдарламалық кешені (Project Management).

Жобаны басқару-бұл шығындар, мерзімдер мен жұмыс сапасына қатаң шектеулер жағдайында тұрақты басшылықты қажет ететін ұйымдағы маңызды қызмет түрлерін басқару.

Жобаны басқару – бұл жұмыстың құрамы мен көлемі, құны, уақыты, сапасы бойынша нәтижелерге қол жеткізу үшін басқарудың заманауи әдістері, технологиялары мен технологиялары жүйесін қолдану арқылы жобаны жүзеге асыру барысында адами және материалдық ресурстарды ұйымдастыру, жоспарлау, басқару, үйлестіру әдістемесі.

Кілтті сөздер: жобаларды басқару, MS Project бағдарламасы, күнтізбелік жоспар, жобалар.

A. N. Zholdassova

Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 15.06.21.

CONSTRUCTION MONITORING USING THE MICROSOFT PROJECT PROGRAM

This article presents a theoretical model of construction monitoring using the Microsoft Enterprise Project Management (EPM) program – a software package for project management in large companies, which is developed in accordance with all international standards in the field of project management.

Project management is the management of important activities in an organization that require constant management under strict cost, time, and quality constraints.

Project management is a methodology of organization, planning, management, coordination of human and material resources throughout the project implementation, by applying a system of modern methods, techniques and technologies of management to achieve results in terms of the composition and scope of work, cost, time, quality.

Keywords: project management, MS Project program, calendar plan, projects.

А. Ж. Аятова

Павлодарский филиал АО «Национальный центр экспертизы и сертификации»,
Республика Казахстан, г. Павлодар

СТЕНОВЫЕ ПУСТОТЕЛЫЕ КАМНИ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ МИКРОСФЕР

В статье проводился анализ использования микросферы, как продукта переработки отходов промышленности Павлодарской области (ГРЭС-1 и ГРЭС-2), в составах «Камня стенового пустотелого» для улучшения теплоизоляционных свойств.

Применение микросферы - одно из наиболее перспективных направлений в создании теплоизолирующих строительных материалов и утилизации промышленных отходов – их использование в производстве строительных материалов, что позволяет до 40 % удовлетворить потребности в сырье, этой важнейшей отрасли промышленности. Применение отходов промышленности позволяет на 10–30 % снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений при этом составляет 35–50 %. На основе применения отходов промышленности возможно развитие производства не только традиционных, но и новых эффективных строительных материалов. Новые материалы обладают комплексом улучшенных технических свойств и в тоже время характеризуются наименьшей ресурсоемкостью, как в процессе производства, так и при применении.

Ключевые слова: микросфера, отходы промышленности, золошлаковые отходы, камень пустотелый стеновой.

Введение

Сегодня мир вступает в эпоху четвертой промышленной революции, эру глубоких и стремительных изменений: технологических, экономических и социальных.

Благодаря реализуемым программам объемы ввода жилья в Казахстане превысили 10 миллионов квадратных метров в год. Обеспеченность жильем на одного жителя выросла в последние 10 лет на 30 % и составляет сегодня 21,6 квадратных метра. Существует необходимость довести этот показатель в 2030 году до 30 квадратных метров. При выполнении этой задачи важно применять новые методы строительства, современные материалы, принципиально иные подходы в проектировании зданий и планировании городской застройки. Нужно установить повышенные требования к качеству, экологичности и энергоэффективности зданий [1].

Технологии изготовления, испытаний, хранения применительно к камням предназначенных для стеновой кладки регулируются стандартами СТ РК 945-92 [2]. Стеновой камень из бетона в соответствии этого документом представляет собой изделие «камень пустотелый стеновой со сквозными или несквозными вертикальными пустотами, получаемыми в процессе формования для придания изделию необходимых эксплуатационных свойств», выполненное посредством техники прессования, вибропрессования, формовки на основе мелкозернистой или тяжелой смеси.

На основе многочисленных результатов анализа микросферы, изучения ее свойств, структуры и определения оптимального состава бетонных смесей с использованием продуктов переработки промышленности Павлодарской области (ГРЭС-1, ГРЭС-2), было определено, что микросфера является хорошим теплоизоляционным материалом и является основой для достижения высоких показателей теплоизоляции в строительных изделиях.

Материалы и методы

Разработка новых составов бетонных смесей с улучшенными теплоизоляционными характеристиками с использованием в качестве частичной замены цемента отходов промышленности Павлодарской области, потребовал проведения большого количества экспериментов с варьированием процентного содержания микросферы, входящих в состав бетонных смесей, установления закономерности влияния на физико-механические характеристики смеси.

Была поставлена задача использования алюмосиликатной микросферы для изготовления строительных изделий, а именно «Камня стенового пустотелого» для улучшения теплоизоляционных свойств и определение других немало важных показателей таких как предел прочности при сжатии, морозостойкости, плотности, требуемые СТ РК 945-91 «Камни стеновые пустотелые. Технические условия».

При подготовке экспериментальных исследований были использованы рекомендации [3, 4]. В исследованиях применяли микросферу ТОО «KazCenosphere's» (РК, Павлодарская область, ГРЭС-2).

Используемая в нашем технологическом процессе микросфера (рисунок 1) характеризуется мелкой зернистой фракцией.

Согласно СТ ТОО «KazCenosphere's», содержание оксида кальция CaO в и в мелкозернистой смеси должно быть не более 10 % по массе. Содержание оксида магния MgO в зольной составляющей золошлаковой смеси и в мелкозернистой смеси должно быть не более 5 % по массе. Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 в зольной и шлаковой составляющих золошлаковой смеси должно быть не более 3 % по массе, в том числе сульфидной серы – не более 1 % по массе.



Рисунок 1 – Микросфера ТОО «KazCenosphere's»
(РК, Павлодарская область, ГРЭС-2)

Состав бетонной смеси для получения «Камня стенового пустотелого» состоял из ЦЕМ-I 45Н производства ТОО ПО «СемейЦемент». Использованный цемент полностью соответствуют требованиям ГОСТ 31108-2016 [5]. Кроме цемента использовался в составе песок из отсевов дробления.

Отсев дробления песка способствует повышению внутреннего трения за счет большого содержания в структуре частиц остроугольной формы. Использовался песок из отсевов дробления фракции 0–5 для приготовления бетонных смесей. Производитель ТОО «Sputnik GPS» (Павлодарская область). Песок из отсевов дробления фракции 0–5 для приготовления бетонных смесей соответствует требованиям ГОСТ 31424-2010 [6].

Для снижения расхода цемента и заполнителей, улучшения качества бетонной смеси и бетона, а также для утилизации отходов промышленности при приготовлении бетонов следует использовать минеральные добавки природного и техногенного происхождения.

В качестве пластифицирующих добавок использовался суперпластификатор Tricosal-181.

Подбор состава бетона заключается в установлении наиболее рационального соотношения между составляющими бетон материалами (цементом, песком, водой, добавкой и микросферой). Такое соотношение должно обеспечить требуемую удобоукладываемость бетонной смеси для принятого способа ее уплотнения, а также приобретение бетоном заданной прочности в назначенный срок при наименьшем расходе цемента.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории по испытанию строительных материалов и промышленной продукции Павлодарского филиала АО «НаЦЭКС». В ходе исследований была изучена возможность замены цемента микросферой не понижая такие показатели как прочность, плотность и морозостойкость.

Так же был подвергнут испытаниям «Камень стеновой пустотелый» с традиционным составом, производства ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ», марки

35. Образцы (рисунок 2) формовались из смеси, в которой замена цемента микрофферой составляла 5-25%. Составы образцов приведены в таблице 1.



Рисунок 2 – Образец «Камня стенового пустотелого» для испытаний

Таблица 1 – Составы «Камня стенового пустотелого» с использованием микрофферы

№ состава	Массовая доля Микрофферы, %	Расход составляющих, %		
		песок	цемент	вода+добавка, % от массы цемента
1		Традиционный состав		
2	5	30	35	30%
3	10	30	30	
4	12,5	30	27,5	
5	15	30	25	
6	20	30	20	
7	25	30	15	

Результаты и обсуждение

Результаты исследований полученных составов контрольных образцов «Камня стенового пустотелого с использованием микрофферы» в количестве 5-25% и «Камня стенового пустотелого с традиционным составом» приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Полученные результаты, при лабораторном испытании контрольных образцов

Наименование показателей	Требования НД	№ состава						
		1	2	3	4	5	6	7
Теплопроводность бетона камней, Вт/(м °С)	0,35 - 0,37	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,46	0,50
Плотность, кг/м ³ , не более	1650	1056	1072	1130	1088	1052	1011	950
Морозостойкость		15 циклов						

- потеря массы после испытаний, %, не более	5	4	4	3	3	3	2	2
- потеря прочности после испытаний, %, не более	25	18	18	17	16	16	15	14
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее								
- средний для трех камней	3,5	4,0	4,0	4,0	3,9	3,8	3,6	3,4
- наименьший для одного из трех камней	2,8	3,1	3,1	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7

Сравнивая результаты теплопроводности «Камня стенового пустотелого с традиционным составом» (состав № 1) и «Камня стенового пустотелого с использованием алюмосиликатной микросферы» в количестве 25 % (состав № 7) видим повышение теплопроводности на 37 %. Что доказывает целесообразность использования микросферы для повышения теплоизоляционных свойств строительных материалов. Так же можно заметить, что предел прочности при сжатии состава № 7 выходит за пределы нормы требуемые СТ РК 945-91. Прочность состава № 6 находится на границе требований нормативного документа.

Морозостойкость во всех составах находится в пределах соответствия СТ РК 945-91.

Плотность понижается в зависимости от количества микросферы в составе за счет небольшой насыпной плотности алюмосиликатной микросферы.

Выводы

Из полученных экспериментальных данных следует, что «Камень стеновой пустотелый» с составом № 5, с заменой цемента в количестве 15 %, является самым оптимальным составом. Так же доказано, что применение микросферы в «Камне стеновом пустотелом» в количестве 15 % не снижает и другие немало важные показатели, такие как морозостойкость, предел прочности при сжатии, плотность.

Список использованных источников

1 Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. 10 января 2018 г. «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции» / Официальный сайт Президента Республики Казахстан;

2 СТ РК 945-91 Камни бетонные стеновые. Технические условия;

3 **Торпищев, Ш. К.** Легкие бетоны с использованием бокситовых шламов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, – М. : Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона Госстроя СССР, 1991.

4 **Арынгазин, К. Ш., Алдунгарова, А. К., Глеулесов, А. К., Быков П. О., Богомолов А. В., Ларичкин, В. В., Ахымбеков А. А.** Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов // Всероссийский отраслевой журнал «Строительство : новые технологии – новое оборудование». – М., 2018. – № 12, – С. 62–67.

5 ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия;
6 ГОСТ 31424–2010 Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия.

7 **Арынгазин, К. Ш., Тлеулесов, А. К., Алдунгарова, А. К., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Акишев, К. М., Асаинова, Д. К.** Патент Республики Казахстан на изобретение № 34714 «Бетонная смесь». – заявл. 01.08.2019; опубл. 20.11.2020, бюл. № 46. – 3 с.

8 **Котляр, В. Д., Шуйский, А. И., Козлов, А. В., Мальцев, Е. В.** Патент РФ RU 2 154 619. Легкий бетон, 2000.

9 **Варламова, Л. П.** Влияние алюмосиликатных микросфер на физико-механические и реологические свойства жёстких пенополиуретанов / Л. П. Варламова, А. С. Аверченко, Ю. Д. Семчиков и др. // Журнал прикладной химии. – 2008. – Т. 81. – № 3. – С. 502–504.

10 **Самороков, В. Э.** Использование микросфер в композиционных материалах / В. Э. Самароков, Е. В. Зелинская // Вестник ИрГТУ. – 2012. – Т. 68. – № 9. – С. 201–205.

References

1 Address of the President of the Republic of Kazakhstan N. Nazarbayev to the people of Kazakhstan. January 10, 2018 «New opportunities for development in the conditions of the Fourth Industrial Revolution» / Official Website of the President of the Republic of Kazakhstan.

2 ST RK 945-91 Concrete wall stones. Technical specifications.

3 **Torpushchev, Sh. K.** Light concrete with the use of bauxite slime: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. – Moscow : Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete of the State Construction of the USSR, 1991.

4 **Aryngazin, K. Sh., Aldungarova, A. K., Tleulesov, A. K., Bykov, P. O., Bogomolov, A. V., Larichkin, V. V., Akhymbekov, A. A.** The use of technogenic waste in the production of building materials // All - Russian Industry Journal «Construction: new technologies-new equipment» – Moscow, 2018. – No. 12. – P. 62–67.

5 GOST 31108-2016 General construction cements. Technical specifications.

6 GOST 31424-2010 Non-metallic construction materials from the screenings of crushing dense rocks in the production of crushed stone. Technical specifications.

7 **Aryngazin, K. Sh., Tleulesov, A. K., Aldungarova, A. K., Bykov, P. O., Bogomolov, A. V., Akishev, K. M., Asainova, D. K.** Patent of the Republic of Kazakhstan for invention No. 34714 «Concrete mix». – application. 01.08.2019; publ. 20.11.2020, byul. No. 46. – 3 p.

8 **Kotlyar, V. D., Shuisky, A. I., Kozlov, A. V., Maltsev, E. V.** Patent of the Russian Federation RU 2 154 619. Light concrete, 2000.

9 **Varlamova, L. P.** The influence of aluminosilicate microspheres on the physico-mechanical and rheological properties of rigid polyurethane foams / L. P. Varlamova,

A. S. Averchenko, Yu. D. Semchikov, et al. // Journal of Applied Chemistry. – 2008. – Vol. 81. – No. 3. – P. 502–504.

10 Samorokov, V. E. The use of microspheres in composite materials / V. E. Samorokov, E. V. Zelinskaya // Bulletin of IrSTU-2012. – Vol. 68. – No. 9. – P. 201–205.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

***Ә. Ж. Аятова**

«Ұлттық сараптау және сертификаттау орталығы» АҚ Павлодар филиалы, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

АЛЮМОСИЛИКАТТЫ МИКРОСФЕРАЛАРДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ЖАҚСАРТЫЛҒАН ЖЫЛУ ОҚШАУЛАУ ҚАСИЕТТЕРІ БАР ҚАБЫРҒАЛЫҚ ҚУЫС ТАСТАР

Мақалада жылу оқшаулау қасиеттерін жақсарту үшін «қабырғалық қуыс тастың» құрамында Павлодар облысының өнеркәсіп қалдықтарын қайта өңдеу өнімі (ГРЭС-1 және ГРЭС-2) ретінде микросфераны пайдалануға талдау жүргізілді.

Микросфераны қолдану-жылу оқшаулағыш құрылыс материалдарын жасауда және өнеркәсіптік қалдықтарды кәдеге жаратуда неғұрлым перспективалы бағыттардың бірі-оларды құрылыс материалдары өндірісінде пайдалану, бұл өнеркәсіптің осы аса маңызды саласының шикізатқа деген қажеттілігін 40 %-ға дейін қанағаттандыруға мүмкіндік береді. Өнеркәсіп қалдықтарын пайдалану табиғи шикізаттан оларды өндірумен салыстырғанда құрылыс материалдарын дайындауға жұмсалатын шығындарды 10–30 %-ға азайтуға мүмкіндік береді, бұл ретте күрделі салымдарды үнемдеу 35–50 %-ды құрайды. Өнеркәсіп қалдықтарын пайдалану негізінде дәстүрлі ғана емес, жаңа тиімді құрылыс материалдары өндірісін де дамытуға болады. Жаңа материалдар жақсартылған техникалық қасиеттер кешеніне ие және сонымен бірге өндіріс процесінде де, қолдану кезінде де ресурстардың ең аз сыйымдылығымен сипатталады.

Кілттісөздер: микросфера, өнеркәсіп қалдықтары, күл-қож қалдықтары, қабырғалық қуыс тас.

***А. Zh. Ayatova**

Pavlodar branch of JSC «National Center for Expertise and Certification», Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 15.06.21.

HOLLOW WALL STONES WITH IMPROVED THERMAL INSULATION PROPERTIES WITH THE USE OF ALUMINOSILICATE MICROSPHERES

The article analyzes the use of microspheres, as a product of processing industrial waste in the Pavlodar region (GRES-1 and GRES-2), in the compositions of «Hollow wall stone» to improve thermal insulation properties.

The use of microspheres is one of the most promising areas in the creation of heat-insulating building materials and the disposal of industrial waste – their use in the production of building materials, which allows up to 40 % to meet the needs for raw materials, this most important industry. The use of industrial waste can reduce the cost of manufacturing construction materials by 10–30 % compared to their production from natural raw materials, while saving capital investment is 35–50 %. Based on the use of industrial waste, it is possible to develop the production of not only traditional, but also new effective building materials. New materials have a complex of improved technical properties and at the same time are characterized by the lowest resource consumption, both in the production process and in use.

Keywords: microsphere, industrial waste, ash and slag waste, hollow wall stone.

М. И. Котова¹, *Е. М. Ибраева², А. В. Украинец³

¹Институт математики и математического моделирования,

г. Алматы, Республика Казахстан,

^{2,3}Торайгыров университет,

г. Павлодар, Республика Казахстан

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛОЖЕНИЯ ТОННЕЛЯ НА ЕГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ ДВИЖУЩЕЙСЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

На основе решения задачи о действии подвижной синусоидальной нагрузки на бесконечно длинную круговую цилиндрическую полость в упругом полупространстве исследуется напряженно-деформированное состояние породного массива, окружающего неподкрепленный тоннель разной глубины заложения при действии на него данной нагрузки. Движение полупространства описывается динамическими уравнениями теории упругости в подвижной системе координат, для решения которых предложен метод неполного разделения переменных. Решение построено для случая, когда скорость движения нагрузки меньше скорости чем скорость волны Рэлея в рассматриваемой среде. Из анализа результатов расчётов следует, что при глубине заложения тоннеля более четырех его радиусов влияние земной поверхности на его напряженно-деформированное состояние незначительно.

Ключевые слова: упругое полупространство, круговая цилиндрическая полость, подвижная синусоидальная нагрузка, Рэлеевские волны, породный массив, тоннель, глубина заложения тоннеля, напряженно-деформированное состояние.

Введение

Опыт эксплуатации транспортных подземных сооружений (типа тоннелей метрополитена) в условиях городской застройки показывает, что при их мелком заложении происходит резкое возрастание уровня вибраций в зданиях и сооружениях, расположенных вблизи их проходки. Превышение уровнями вибраций допустимых норм, установленных для зданий, приводит к непригодности последних для жилья. Кроме того, вибрации оказывают неблагоприятные воздействия на различные технологические процессы повышенной точности и людей. В связи с этим необходимо не только обеспечить достаточную надёжность всех элементов подземной конструкции, но и решить вопрос о допустимом приближении к ней наземных сооружений.

Одной из модельных задач, применяемых для исследования динамики тоннелей мелкого заложения под воздействием транспортной нагрузки (нагрузки от движущегося внутритоннельного транспорта), является задача о действии на

упругое полупространство нагрузки, равномерно движущейся по поверхности круговой цилиндрической полости вдоль её образующей, параллельной свободной границе полупространства. В отличие от аналогичной задачи для упругого пространства, моделирующей тоннель глубокого заложения, данная задача является более сложной, так как возникает необходимость учитывать отражаемые границей полупространства волны. Исследованию указанной проблемы посвящен ряд публикаций, охватывающий, в основном, последние годы [1–7]. Используя решение [2, 3], в настоящей работе построено точное аналитическое решение задачи о действии на упругое полупространство равномерно движущейся по поверхности полости синусоидальной нагрузки, и на основе этого решения исследуется влияние глубины заложения тоннеля на его напряжённно-деформированное состояние при действии указанной нагрузки.

Материалы и методы

Метод математического моделирования с привлечением моделей теории упругости.

1 Постановка и аналитическое решение задачи. Используя для исследований модельный подход, представим неподкрепленный тоннель мелкого заложения как бесконечно длинную круговую цилиндрическую полость радиусом $r = R$ в линейно-упругом, однородном и изотропном полупространстве (массиве), отнесенному к неподвижным цилиндрической r, θ, z и декартовой x, y, z системам координат, ось z которых совпадает с осью полости и параллельна свободной от нагрузок горизонтальной границе полупространства (земной поверхности), ось x – перпендикулярна к этой границе: $x \leq h$ (рисунок 1). Физико-механические свойства массива характеризуются следующими постоянными: ν – коэффициент Пуассона, μ – модуль сдвига, ρ – плотность.

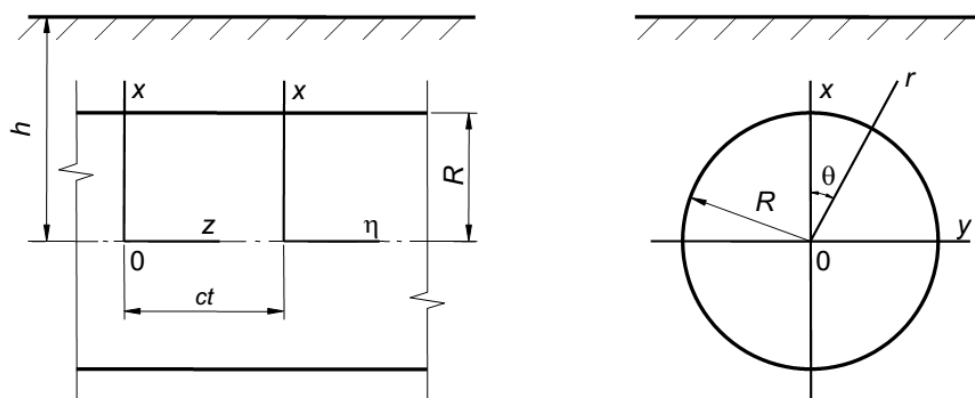


Рисунок 1 – Расчётная схема неподкреплённого тоннеля

Определим реакцию полупространства на движущуюся с постоянной скоростью c по поверхности полости в направлении оси z нагрузку интенсивностью P . Скорость движения нагрузки принимаем дозвуковой, то есть меньше скорости распространения волн сдвига в массиве.

Для этого воспользуемся уравнениями движения упругой среды в векторной форме [8].

$$(\lambda + \mu) \operatorname{grad} \operatorname{div} \mathbf{u} + \mu \nabla^2 \mathbf{u} = \rho \frac{\partial^2 \mathbf{u}}{\partial t^2}, \quad (1)$$

где $\lambda = 2\mu\nu/(1-2\nu)$, \mathbf{u} – вектор смещения упругой среды, ∇^2 – оператор Лапласа.

Поскольку рассматривается установившийся процесс, то картина деформаций стационарна по отношению к движущейся нагрузке. Поэтому можно перейти к связанной с нагрузкой подвижной декартовой $x, y, \eta = z - ct$ или цилиндрической $r, \theta, \eta = z - ct$ системе координат.

Тогда уравнение (1) переписывается в виде

$$\left(M_p^{-2} - M_s^{-2}\right) \operatorname{grad} \operatorname{div} \mathbf{u} + M_s^{-2} \nabla^2 \mathbf{u} = \partial^2 \mathbf{u} / \partial \eta^2. \quad (2)$$

Здесь $M_p = c/c_p, M_s = c/c_s$ – числа Маха; $c_p = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho}$, $c_s = \sqrt{\mu/\rho}$ – скорости распространения волн расширения-сжатия и сдвига в массиве.

При действии движущейся нагрузки на поверхность полости, имеем

$$\sigma_{rj} \Big|_{r=R} = P_j(\theta, \eta), \quad j = r, \theta, \eta, \quad (3)$$

где σ_{rj} – компоненты тензора напряжений в массиве, $P_j(\theta, \eta)$ – составляющие интенсивности подвижной нагрузки $P(\theta, \eta)$ в подвижной цилиндрической системе координат.

Так как граница полупространства свободна от нагрузок, то, при $x = h$

$$\sigma_{xx} = \sigma_{xy} = \sigma_{x\eta} = 0. \quad (4)$$

Преобразуем уравнение (2), выразив \mathbf{u} через потенциалы Ламе [9, 10]

$$\mathbf{u} = \operatorname{grad} \varphi_1 + \operatorname{rot}(\varphi_2 \mathbf{e}_\eta) + \operatorname{rot} \operatorname{rot}(\varphi_3 \mathbf{e}_\eta), \quad (5)$$

где \mathbf{e}_η – орт оси η .

Из (2) и (5) следует, что потенциалы φ_j удовлетворяют видоизменённым волновым уравнениям

$$\nabla^2 \varphi_j = M_j^2 \frac{\partial^2 \varphi_j}{\partial \eta^2}, \quad j = 1, 2, 3. \quad (6)$$

Здесь $M_1 = M_p, M_2 = M_3 = M_s$.

Рассмотрим действие на поверхность полости синусоидальной по η движущейся нагрузки с произвольной зависимостью от угловой координаты

$$P(\theta, \eta) = p(\theta)e^{i\xi\eta}, \quad p(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{in\theta}, \tag{7}$$

$$P_j(\theta, \eta) = p_j(\theta)e^{i\xi\eta}, \quad p_j(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_{nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta,$$

где константа ξ определяет период $T = 2\pi/\xi$ действующей нагрузки.

В установившемся состоянии зависимость всех величин от η имеет вид (7), поэтому

$$\Phi_j(r, \theta, \eta) = \Phi_j(r, \theta)e^{i\xi\eta}. \tag{8}$$

Подставляя (8) в (6), получим видоизменённые уравнения Гельмгольца

$$\nabla_2^2 \Phi_j - m_j^2 \xi^2 \Phi_j = 0, \quad j = 1, 2, 3. \tag{9}$$

Здесь ∇_2^2 – двумерный оператор Лапласа, $m_j^2 = 1 - M_j^2$, $m_1 = m_p$, $m_2 = m_3 = m_s$.

Представив компоненты напряжённо-деформированного состояния (НДС) массива через потенциалы Ламе можно получить выражения для перемещений u_l и напряжений σ_{lm} в декартовой $(l, m = x, y, \eta)$ и цилиндрической $(l, m = r, \theta, \eta)$ системах координат как функции от Φ_j . Дальнейшее решение задачи сводится к интегрированию уравнений (9) при выполнении граничных условий (3), (4). Для определения компонент НДС массива необходимо определить Φ_j .

При дозвуковой скорости движения нагрузки $M_s < 1$ ($m_s > 0$), и решения уравнений (9) можно представить через суперпозиции поверхностных цилиндрических $\Phi_j^{(1)}$ и плоских $\Phi_j^{(2)}$ волн [1, 3]

$$\Phi_j = \Phi_j^{(1)} + \Phi_j^{(2)}, \tag{10}$$

$$\Phi_j^{(1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} K_n(k_j r) e^{in\theta}, \quad \Phi_j^{(2)} = \int_{-\infty}^{\infty} g_j(\xi, \zeta) \exp\left(iy\zeta + (x-h)\sqrt{\zeta^2 + k_j^2}\right) d\zeta,$$

где $K_n(k_j r)$ – функции Макдональда, $k_j = |m_j \xi|$; a_{nj} , $g_j(\xi, \zeta)$ – неизвестные коэффициенты и функции, подлежащие определению, $j = 1, 2, 3$.

Как показано в [1, 3], представление потенциалов в форме (10) с использованием условий (3) и (4), при скоростях нагрузки меньших, чем скорость волны Рэлея c_R в рассматриваемой среде, приводит к системам линейных алгебраических уравнений с определителями $\Delta_n(\xi, c)$ относительно неизвестных коэффициентов a_{nj} , для решения которых может быть использован метод последовательных отражений.

Если определители $\Delta_n(\xi, c)$ не равны нулю, определив коэффициенты a_{nj} , можно вычислить компоненты напряжённо-деформированного состояния среды.

Как показали исследования указанных определителей, их обращение в ноль возможно только при скоростях нагрузки не меньшей, чем скорость рэлеевской волны, которая несколько ниже скорости волн сдвига в среде [11].

Заметим, что исключая из постановки задачи граничные условия (4) и исключая из (10) $\Phi_j^{(2)}$, получим решение аналогичной задачи для упругого пространства, моделирующей тоннель глубокого заложения.

2 Численный анализ НДС породного массива. Исследуем напряжённо-деформированное состояние окружающего тоннель радиусом $R = 1$ м породного массива при разной глубине его заложения h в случае действия на него движущейся с постоянной скоростью $c = 100$ м/с нормальной осесимметричной синусоидальной нагрузки $P_r = P$ с амплитудой P_A (Па) и периодом $T = 2\pi$ (м), оказывающей наибольшее давление на поверхность тоннеля в начале подвижной системы координат ($\eta = 0$). Окружающая тоннель порода – алевролит ($\nu = 0,2$, $\mu = 2,535 \cdot 10^9$ Па, $\rho = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³, $c_s = 1006,4$ м/с, $c_R = 917$ м/с).

В таблицах 1 – 4 приведены результаты расчётов НДС окрестности тоннеля при разной глубине его заложения. В таблицах приняты следующие обозначения: $u_r^* = u_r \mu / RP_A$, $u_\theta^* = u_\theta \mu / RP_A$, $\sigma_{rr}^* = \sigma_{rr} / P_A$, $\sigma_{\theta\theta}^* = \sigma_{\theta\theta} / P_A$, $\sigma_{\eta\eta}^* = \sigma_{\eta\eta} / P_A$, $\sigma_{r\theta}^* = \sigma_{r\theta} / P_A$.

Таблица 1 – Компоненты НДС окрестности тоннеля при $\eta = y = 0$.

h/R	Комп. НДС	x/R											
		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	
		1,0	-1,0	-1,2	-1,4	-1,6	-1,8	-2,0	-2,2	-2,4	-2,6	-2,8	-3,0
2,0	u_r^*	0,764 0,368	0,695 0,293	0,646 0,237	0,614 0,194	0,593 0,160	0,550 0,134	-	-	-	-	-	-
	σ_{rr}^*	-1,013 -0,993	-0,702 -0,735	-0,417 -0,567	-0,191 -0,443	-0,028 -0,344	0,057 -0,255	-	-	-	-	-	-
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,388 0,629	0,451 0,404	0,449 0,273	0,481 0,186	0,586 0,120	0,920 0,063	-	-	-	-	-	-
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,795 -0,407	-0,420 -0,258	-0,150 -0,158	0,084 -0,091	0,325 -0,045	0,614 -0,015	-	-	-	-	-	-
3,0	u_r^*	0,444 0,379	0,371 0,305	0,316 0,248	0,275 0,204	0,245 0,169	0,222 0,140	0,205 0,117	0,194 0,097	0,186 0,082	0,181 0,069	0,170 0,059	
	σ_{rr}^*	-1,001 -1,000	-0,735 -0,743	-0,547 -0,574	-0,406 -0,453	-0,296 -0,364	-0,208 -0,295	-0,136 -0,240	-0,077 -0,195	-0,030 -0,159	0,003 -0,128	0,006 -0,102	
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,589 0,622	0,407 0,407	0,289 0,278	0,213 0,196	0,164 0,141	0,133 0,103	0,117 0,076	0,112 0,056	0,120 0,041	0,142 0,029	0,195 0,020	
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,512 -0,424	-0,325 -0,269	-0,202 -0,167	-0,118 -0,099	-0,058 -0,053	-0,012 -0,024	0,028 -0,005	-0,067 0,007	0,113 0,013	0,171 0,016	0,248 0,017	

Таблица 2 – Компоненты НДС окрестности тоннеля при $\eta = 0, r/R = 1$.

h/R	Комп. НДС	θ , град.									
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
2,0	u_r^*	0,764	0,696	0,554	0,432	0,368	0,351	0,358	0,366	0,368	0,368
	u_θ^*	0,0	-0,138	-0,189	-0,157	-0,096	-0,044	-0,015	-0,005	-0,003	0,0
	σ_{rr}^*	-1,013	-1,008	-0,994	-0,990	-0,998	-1,006	-1,008	-1,005	-0,999	-0,993
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,388	0,626	1,003	1,121	1,017	0,844	0,692	0,616	0,617	0,629
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,795	-0,720	-0,575	-0,473	-0,429	-0,421	-0,426	-0,426	-0,415	-0,407
3,0	u_r^*	0,444	0,434	0,412	0,391	0,379	0,375	0,376	0,377	0,379	0,379
	u_θ^*	0,0	-0,023	-0,032	-0,029	-0,019	-0,009	-0,003	0,0	0,0	0,0
	σ_{rr}^*	-1,001	-1,001	-1,000	-0,999	-1,000	-1,000	-1,001	-1,001	-1,000	-1,000
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,589	0,621	0,679	0,707	0,696	0,669	0,646	0,632	0,625	0,622
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,512	-0,499	-0,472	-0,448	-0,434	-0,427	-0,425	-0,424	-0,424	-0,424
4,0	u_r^*	0,399	0,390	0,386	0,382	0,380	0,379	0,379	0,380	0,380	0,380
	u_θ^*	0,0	-0,004	-0,006	-0,005	-0,004	-0,002	-0,001	0,0	0,0	0,0
	σ_{rr}^*	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,621	0,626	0,637	0,643	0,641	0,636	0,632	0,629	0,627	0,627
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,443	-0,440	-0,434	-0,429	-0,426	-0,424	-0,423	-0,423	-0,423	-0,423
5,0	u_r^*	0,382	0,382	0,381	0,381	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380	0,380
	u_θ^*	0,0	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	σ_{rr}^*	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,627	0,628	0,630	0,631	0,630	0,630	0,629	0,628	0,628	0,628
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,427	-0,426	-0,425	-0,424	-0,423	-0,423	-0,423	-0,423	-0,423	-0,423

Таблица 3 – Компоненты НДС окрестности тоннеля при $\eta = 0$, $r/R = 2$.

h/R	Комп. НДС	θ , град.									
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
2,0	u_r^*	0,550	0,483	0,315	0,196	0,128	0,110	0,122	0,136	0,121	0,134
	u_θ^*	0,0	-0,030	-0,079	-0,088	-0,062	-0,031	-0,005	-0,013	-0,004	0,0
	σ_{rr}^*	0,057	-0,047	-0,222	-0,240	-0,290	-0,288	-0,279	-0,238	-0,350	-0,255
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,920	0,439	0,268	0,204	0,216	0,164	0,129	0,065	0,151	0,063
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	0,614	0,370	0,094	-0,017	-0,033	-0,031	-0,031	-0,027	-0,013	-0,015
	$\sigma_{r\theta}^*$	0,0	0,023	-0,042	-0,036	0,012	0,029	0,079	-0,027	0,011	0,0
3,0	u_r^*	0,222	0,205	0,174	0,151	0,140	0,136	0,137	0,138	0,139	0,140
	u_θ^*	0,0	-0,022	-0,027	-0,022	-0,014	-0,007	-0,003	-0,001	0,0	0,0
	σ_{rr}^*	-0,208	-0,240	-0,281	-0,293	-0,293	-0,293	-0,292	-0,295	-0,296	-0,295
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,133	0,145	0,153	0,142	0,129	0,118	0,109	0,107	0,105	0,103
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,012	-0,020	-0,031	-0,035	-0,033	-0,030	-0,027	-0,025	-0,024	-0,024
	$\sigma_{r\theta}^*$	0,0	-0,037	-0,029	-0,010	0,001	0,007	0,005	0,002	0,003	0,0
4,0	u_r^*	0,156	0,153	0,147	0,142	0,140	0,139	0,139	0,140	0,140	0,140
	u_θ^*	0,0	-0,005	-0,006	-0,005	-0,003	-0,002	-0,001	0,0	0,0	0,0
	σ_{rr}^*	-0,279	-0,284	-0,293	-0,297	-0,297	-0,296	-0,297	-0,297	-0,297	-0,298
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,107	0,110	0,114	0,113	0,109	0,107	0,106	0,105	0,104	0,104
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,029	-0,029	-0,028	-0,027	-0,025	-0,024	-0,023	-0,023	-0,022	-0,022
	$\sigma_{r\theta}^*$	0,0	-0,008	-0,008	-0,003	0,0	0,001	0,001	0,001	0,0	0,0
5,0	u_r^*	0,143	0,143	0,142	0,141	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140	0,140
	u_θ^*	0,0	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	σ_{rr}^*	-0,294	-0,295	-0,297	-0,297	-0,297	-0,297	-0,297	-0,297	-0,297	-0,297
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,105	0,105	0,106	0,106	0,105	0,105	0,105	0,104	0,104	0,104
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	-0,024	-0,024	-0,024	-0,023	-0,023	-0,023	-0,022	-0,022	-0,022	-0,022
	$\sigma_{r\theta}^*$	0,0	-0,002	-0,002	-0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Таблица 4 – Компоненты НДС окрестности тоннеля при $\eta = 0, r/R = 3$.

h/R	Комп. НДС	$\theta, \text{град.}$									
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
4,0	u_r^*	0,084	0,077	0,065	0,058	0,056	0,055	0,055	0,056	0,056	0,055
	u_θ^*	0,0	-0,007	-0,008	-0,005	-0,002	-0,001	0,0	0,0	0,0	0,0
	σ_{rr}^*	-0,072	-0,085	-0,106	-0,114	-0,112	-0,112	-0,114	-0,112	-0,113	-0,114
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,038	0,039	0,040	0,035	0,030	0,028	0,027	0,026	0,026	0,027
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	0,028	0,024	0,019	0,018	0,019	0,020	0,020	0,021	0,021	0,021
	$\sigma_{r\theta}^*$	0,0	-0,011	-0,009	-0,001	0,001	0,0	0,001	0,001	0,0	0,0
5,0	u_r^*	0,062	0,060	0,058	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
	u_θ^*	0,0	-0,002	0,002	-0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	σ_{rr}^*	-0,104	-0,107	-0,112	-0,113	-0,113	-0,113	-0,113	-0,113	-0,113	-0,113
	$\sigma_{\theta\theta}^*$	0,027	0,028	0,029	0,028	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,026
	$\sigma_{\eta\eta}^*$	0,019	0,019	0,020	0,020	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
	$\sigma_{r\theta}^*$	0,0	-0,003	-0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Результаты и обсуждение

Данная статья рассмотрена, одобрена и рекомендована к изданию на заседании кафедры «Архитектура и дизайн» НАО «Торайгыров университет».

Из анализа результатов следует, что при $h/R \geq 4,0$ компоненты НДС тоннеля практически мало отличаются от одноименных компонент НДС тоннеля, расположенного в неограниченной среде. С уменьшением глубины заложения тоннеля ($h/R \leq 4,0$), изменения компонент в основном происходит в интервале $0 \leq x \leq h$.

С удалением от полости, как правило, наблюдается затухание компонент НДС массива (табл. 1 – 4). Однако, при малых h , $\sigma_{\theta\theta}^*$ и $\sigma_{\eta\eta}^*$ (в силу своего волнообразного характера изменения) на земной поверхности могут оказаться больше, чем на поверхности тоннеля. Так, при $\eta = y = 0$ и $h/R = 2,0$, $\sigma_{\theta\theta}^*$ на земной поверхности в два с лишним раз больше, чем на поверхности тоннеля (табл. 1).

Выводы

При глубине заложения тоннеля $h/R \geq 4,0$ влияние земной поверхности на его напряженно-деформированное состояние несущественно. В этом случае для его динамического расчета при действии подвижной нагрузки можно использовать более простое решение задачи, моделирующей тоннель глубокого заложения.

Список использованных источников

- 1 **Ержанов, Ж. С., Айталиев, Ш. М., Алексеева, Л. А.** Динамика тоннелей и подземных трубопроводов. – Алма-Ата : Наука, 1989. – 240 с.
- 2 **Украинец, В. Н.** Реакция упругого полупространства на бегущую вдоль оси периодическую нагрузку // Математический журнал. – Алматы. – 2005. – № 3. – С. 96–102.
- 3 **Украинец, В. Н.** Динамика тоннелей и трубопроводов мелкого заложения под воздействием подвижных нагрузок. – Павлодар : Издательство Павлодарского государственного университета, 2006. – 123 с.
- 4 **İrfan Coşkun and Demirhan Dolmaseven.** Dynamic Response of a Circular Tunnel in an Elastic Half Space, Journal of Engineering. – Vol. 2017, Article ID 6145375. – 12 p. – 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/6145375>.
- 5 **Cao, Z., Sun, S., Yuan, Z., Cai, Y.** Analytical Study on the Effect of Moving Surface Load on Underground Tunnel. In: Wu W., Yu HS. (eds) Proceedings of China-Europe Conference on Geotechnical Engineering. – Springer Series in Geomechanics and Geoengineering. – Springer, Cham. 2018.
- 6 **Dwivedia, J.P., Singha, V. P.** Radha Krishna Lalb, Sakshi Devia. Dynamic Response of Lined Circular Tunnel in Linear Viscoelastic Medium Due to Moving Ring load. – Materials Today: Proceedings. – Volume 4. – Issue 2. – Part A. – 2017. – P. 3767–3775.
- 7 **Shunhua Zhou.** Dynamics of Rail Transit Tunnel Systems. – Academic Press, 2019. – 276 p.
- 8 **Слепян, Л. И.** Нестационарные упругие волны. – Л. : Судостроение, 1972. – 374 с.
- 9 **Новацкий, В.** Теория упругости. – М. : Мир, 1975. – 872 с.
- 10 **Гузь, Л. И., Кубенко, В. Д., Черевко, М. А.** Дифракция упругих волн. – Киев : Наукова думка, 1978. – 308 с.
- 11 **Тимошенко, С.П., Гудьер, Дж.** Теория упругости. – М. : Наука, 1979. – 560 с.

References

- 1 **Erzhanov, Zh. S., Ajtaliev, Sh. M., Alekseeva, L. A.** Dinamika tonnelej i podzemny`x truboprovodov. [Dynamics of tunnels and underground pipelines] – Alma-Ata : Nauka, 1989. – 240 p.
- 2 **Ukrainecz, V. N.** Reakciya uprugogo poluprostranstva na begushhuyu vdol` osi periodicheskuyu nagruzku [Reaction of an elastic half-space to a periodic load running along the axis] // Matematicheskij zhurnal. – Almaty`. – 2005. – № 3. – P. 96–102.
- 3 **Ukrainets, V. N.** Dinamika tonnelej i truboprovodov melkogo zalozhenija pod vozdejstviem podvizhnyh nagruzok [Dynamics of shallow tunnels and pipelines under the influence of moving loads] (Pavlodar, Izdatel`stvo Pavlodarskogo gosudarstvennogo universiteta, 2006. – 123 p.).

4 **İrfan Coşkun and Demirhan Dolmaseven.** Dynamic Response of a Circular Tunnel in an Elastic Half Space [İrfan Coşkun and Demirhan Dolmaseven. Dynamic Response of a Circular Tunnel in an Elastic Half Space], – Journal of Engineering. – Vol. 2017. – Article ID 6145375. – 12 p. – 2017. – <https://doi.org/10.1155/2017/6145375>.

5 **Cao, Z., Sun, S., Yuan, Z., Cai, Y.** Analytical Study on the Effect of Moving Surface Load on Underground Tunnel. [Cao Z., Sun S., Yuan Z., Cai Y. Analytical Study on the Effect of Moving Surface Load on Underground Tunnel] In: Wu W., Yu HS. (eds). – Proceedings of China-Europe Conference on Geotechnical Engineering. Springer Series in Geomechanics and Geoengineering. – Springer, Cham. 2018.

6 **Dwivedia, J. P., Singha, V. P.** Radha Krishna Lalb, Sakshi Devia. Dynamic Response of Lined Circular Tunnel in Linear Viscoelastic Medium Due to Moving Ring load. [J.P. Dwivedia, V.P. Singha, Radha Krishna Lalb, Sakshi Devia. Dynamic Response of Lined Circular Tunnel in Linear Viscoelastic Medium Due to Moving Ring load] – Materials Today: Proceedings. – Volume 4. – Issue 2. – Part A. – 2017. – P. 3767–3775.

7 **Shunhua Zhou.** Dynamics of Rail Transit Tunnel Systems. [Shunhua Zhou. Dynamics of Rail Transit Tunnel Systems] – Academic Press, 2019. – 276 p.

8 **Slepyan, L. I.** Nestacionarny`e uprugie volny. [Slepyan, L.I., Non-stationary elastic waves.] – L. : Sudostroenie, 1972. – 374 p.

9 **Novaczkiy, V.** Teoriya uprugosti. [Novatsky V. Theory of elasticity.] – Moscow : Mir, 1975. – 872 p.

10 **Guz', L. I., Kubenko, V. D., Cherevko, M. A.** Difrakciya uprugix voln. [L. I. Guz', V.D. Kubenko, M.A. Cherevko. Diffraction of elastic waves] – Kiev: Naukova dumka, 1978. – 308 p.

11 **Timoshenko, S.P., Gud`er Dzh.** Teoriya uprugosti. [Timoshenko S. P., Goodyear J. Theory of elasticity.] – M. : Nauka, 1979. – 560 p.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

М. И. Котова¹, *Е. М. Ыбыраева², А. В. Украинаец³

¹Математика және математикалық модельдеу институты,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

^{2,3}Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ЖЫЛЖЫМАЛЫ ПЕРИОДТЫ ЖҮКТЕМЕ ӘСЕРІНЕН ТУННЕЛЬ ТЕРЕҢДІГІНІҢ ОНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІНЕ ӘСЕР

Серпінді жарты кеңістіктегі шексіз ұзын дөңгелек цилиндрлік қуысқа қозғалмалы синусоидалық жүктің әсер етуі туралы есепті шешуге негізделген, әр түрлі тереңдіктегі қолдау көрсетілмеген туннельді қоршап тұрған жыныс массасының кернеулі-деформациялық күйі оған осы жүктеме әсерінен зерттеледі. Жарты кеңістіктің қозғалысы қозғалмалы координаттар

жүйесіндегі серпімділік теориясының динамикалық теңдеулерімен сипатталады, оны шешу үшін айнымалыларды толық емес бөлу әдісі ұсынылады. Шешім жүктің жылдамдығы қарастырылатын ортадағы Рэлей толқынының жылдамдығынан аз болған жағдайда құрылады. Есептеу нәтижелерін талдаудан туннельдің тереңдігі оның радиусының төртеуінен артық болғанда, жер бетінің оның кернеулік-деформациялық күйіне әсері шамалы болмайтындығы шығады.

Кілтті сөздер: серпімді жарты кеңістік, дөңгелек цилиндрлік қуыс, қозғалмалы синусоидалы жүктеме, Рэлей толқындары, тау массасы, туннель, туннель тереңдігі, кернеулер-деформация күйі.

M. I. Kotova¹, *Ye. M. Ibrayeva², A. V. Ukrainets³

¹Institute of mathematics and mathematical modeling,
Republic of Kazakhstan, Almaty;

^{2,3}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan⁶ Pavlodar.

Material received on 15.06.21.

INFLUENCE OF THE TUNNEL DEPTH ON ITS STRESS-STRAIN STATE UNDER THE ACTION OF A MOVING PERIODIC LOAD

Based on the solution of the problem of the action of a moving sinusoidal load on an infinitely long circular cylindrical cavity in an elastic half-space, the stress-strain state of the rock mass surrounding an unsupported tunnel of different depth of laying under the action of this load is investigated. The motion of the half-space is described by the dynamic equations of the theory of elasticity in a mobile coordinate system, for the solution of which the method of incomplete separation of variables is proposed. The solution is developed for the case when the velocity of the load is less than the velocity of the Rayleigh wave in the medium under consideration. From the analysis of the calculation results, it follows that when the depth of the tunnel is more than four of its radii, the influence of the earth's surface on its stress-strain state is insignificant.

Keywords: elastic half-space, circular cylindrical cavity, mobile sinusoidal load, Rayleigh waves, rock mass, tunnel, tunnel depth, stress-strain state.

Г. Б. Идрисов

ТОО «АСТАНАИНЖКОМСТРОЙ»,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

УТЕПЛЕНИЕ МЕЛКОЗАГЛУБЛЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ

В данной статье рассматривается метод утепления мелкозаглубленных фундаментов, с применением пенополистирола. Представлена технология утепления и порядок работ.

Наружный слой теплоизоляции на фундаменте решает следующие задачи: 1. сохраняет грунт под основанием не промерзает, вследствие чего силы пучения не возникают; 2 смещение теплового контура наружу – данный метод актуален для тех-подполья, эксплуатируемого подземного этажа, на наружных стенах которого гарантированно не выступит влага. Удерживать геотермальное тепло недр исключительно облицовкой фундамента теплоизолятором невозможно. Глубина незаглубленного фундамента мала, поэтому требуется увеличение периметра. Для этого часто используется отмостка с утеплителем – бетон по слою экструдированного пенополистирола с уклоном от стены здания.

Ключевые слова: пенополистерол, бетон, грунт, утепление, расчет.

Введение

Появление экструдированного пенополистирола, позволило повсеместно применять утеплитель в конструкции фундамента, находящиеся в грунте. Устойчивость по отношению к влажности и к различным агрессивным воздействиям, механическая прочность данного утеплителя, дали возможность утепления подземных конструкций фундаметов с большой степенью надежности и долговечности.

Материалы

Пенополистирол эструдированный XPS (extruded polistyrene) термин применим к материалам, которые изготавливают путем экструзии. Методом продавливания вязкого расплава через формующее отверстие. Сначала гранулы полистирола смешивают с пенообразователями и перемешивают под большим давлением, и далее выдавливают из экструдера.

Результаты и обсуждение

Для выявления необходимости проведения теплоизоляционных работ и утепления фундамента, особенно неглубокого фундамента, следует изучить характеристику материалов, используемых для мелкозаглубленного фундамента .

Основание фундамента состоит из двух материалов: бетона и металлического каркаса, который повышает его прочность. Основными особенностями этих

материалов утеплителей является именно их высокая грузоподъемность. Что касается сохранения тепла, то можно сказать, основание фундамента – это просто «мостик» для проникновения в холода в здание. Фундамент в свою очередь способствует большому переносу мороза из мерзлого грунта внутрь здания. Данные свойства выше только за счет низкого фундамента [1].

Существует два основных показателя, в силу которых необходимо утеплить основание дома:

- снижение уровня промерзания грунта и максимально возможное удаление этого предела от основания здания.

- снижение риска, воздействия на почву, так как она расширяется и сильно поднимается. Все перечисленные показатели могут способствовать деформации всего фундамента в целом.

На высоких почвах также необходимо в осенне-зимний период года снизить теплопотери дома до минимального показателя.

Фундамент каждого дома следует размещать ниже предела промерзания грунта, но иногда допускается устраивать фундамент, расположенный немного выше этого значения. Это возможно только при точных вычислениях. Но именно в этой ситуации необходимо минимизировать теплопотери помещения. Так как такая конструкция полностью замерзает [2].

Следует отметить, что строительные нормы содержат пункт, строго запрещающий строительство зданий на неглубоком фундаменте в условиях вечной мерзлоты, а также в районах, где среднегодовая температура не поднимается выше нуля.

Следует также выделить те почвы, которые наиболее опасны, если на них отрицательная температура.

Земляные или грунтовые воды находятся в грунте близко к поверхности. В связи с чем, почва постоянно подпитывается водой. Во время заморозков такая влажная почва начинает увеличиваться в объеме и дает расширение;

- из-за мелкозернистой структуры почвы уровень влажности постоянно увеличивается, так как почвы с такой структурой могут удерживать влагу, которая попадает в почву в течение длительного времени. Поэтому во время морозов также идет значительная борьба;

- почва с постоянно высоким уровнем влажности замерзает в холодную погоду. Как вы знаете, при замерзании вода превращается в лед, который расширяется, увеличивается в объеме и поднимается. Подъемная сила самой почвы больше, чем вес, давящий на фундамент здания. В этом случае деформация фундамента происходит и неравномерно. В результате поднятое основание может повредить стены самого здания, вызвав трещины [3].

Для мелкозернистого состава и илистой почвы характерна высокая влажность, они также подвержены обморожению. На таких грунтах мелкозаглубленный фундамент в зимнее время полностью промерзает. Бетон прекрасно справляется с холодом внутри. В случае если подвал отапливается, перепад температур вызывает

образование конденсата и постоянную влажность на стенах. Эта среда идеально подходит для размножения различных грибков и плесени.

Потому в районах с таким грунтом необходимо выполнять такую задачу, как утепление низкого фундамента, и быть максимально ответственным за управление дренажем, чтобы максимально изолировать наружные стены от промерзания грунта [4].

Технология выполнения утепления. Поскольку основание низкой выемки расположено выше уровня промерзания грунта, также необходима его изоляция во всем контуре: вертикальной и горизонтальной. Это задерживает отток тепла из помещения, а также предотвращает замерзание почвы под самим фундаментом.

В настоящее время основным изоляционным материалом на рынке является пенополистирол. Как показывает практика, даже тонкий слой пенополистирола, который используется для вертикальной изоляции, способствует тому, что потери тепла в доме снижаются на 20 % (толщина пенополистирола составляет всего 5 см). Соответственно, горизонтальное утепление способствует тому, чтобы сам фундамент не промерзал [11].

Утепление незаглубленного фундамента пенополистиролом - универсальный метод. Материал обладает повышенной влагостойкостью, высокой степенью теплосбережения. А также его легко установить и закрепить и имеет огнестойкость, дешевый и экологически чистый.

Стоит учитывать тот факт, что наибольшие теплопотери наблюдаются в углах здания. Поэтому слой теплоизоляции в этих местах должен быть шире и толще [5, с. 5].

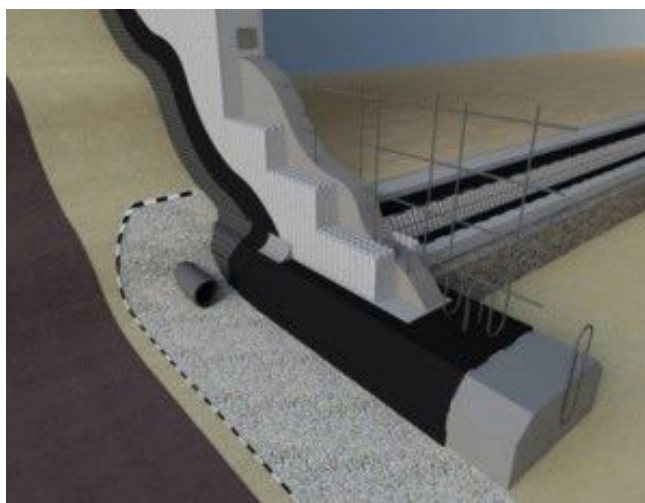


Рисунок 1 – Утепление мелкозаглубленного фундамента

Этапы работ. На первом этапе проводится устройство траншеи по всему основанию основы фундамента. Ширина траншеи соответствует уровню промерзания почвы, к которому добавляется 5 см. Глубина траншеи равна глубине фундамента с подушкой

Снаружи фундамента устанавливается гидроизоляционный слой, который может состоять из материалов мастик или битума. Они наносятся одним сплошным слоем на базовую конструкцию фундамента. Для этих целей годиться любой рулонный материал, также на основе битума, может быть использован в качестве гидроизоляции. Гидроизоляция приклеивается сбоку, который необходимо утеплить битумной мастикой [6].

Материал, используемый в целях изоляции, сверху покрывается геотекстилем. Данная работа проводится, чтобы поверхность утеплителя была гладкой и скользкой, чтобы почва при набухании не могла ее повредить.

На последнем этапе прокладываются дренаж, при необходимости, трубы для канализации, а траншея для них засыпается смесью песка и гравия [7,8].

Плиты из пенополистирола следует закрепить с помощью газовой горелки и специальными крепежами. Сборный гидроизоляционный материал нагревается в нескольких точках плиты. Вы также можете приклеить его к слою битумной мастики, которая использовалась в качестве гидроизоляции битумной мастикой.

Распространенные ошибки. Несмотря на простоту процесса, утепление ребристого основания пеноплексом иногда вызывает очень неприятные ошибки, из-за которых все выгоды от работы сводятся к нулю [9,10].

Теплоизоляционный слой устанавливается внутри и снаружи. Но в последнем случае это не подходит полностью. Это приводит к промерзанию почвы под основанием. Теплоизоляция устанавливается только изнутри и под самим основанием. В результате получается, что тепло выходит из комнаты наружу, а пол всегда остается холодным.

Пенополистирол укладывают так, чтобы боковая поверхность не была полностью покрыта. Результатом такой изоляции является промерзание основания и пола дома.

Плиты из теплоизоляционных материалов укладываются только в горизонтальной плоскости. В результате происходит полное промерзание фундамента и пола.

Избежав наиболее распространенных ошибок и выполнив все этапы тепловых работ, можно добиться того, что даже в самые суровые климаты в вашем городе не повлияют на тепло в доме, вопреки распространенному мнению, что качественно утеплить низинный фундамент просто невозможно.

Список использованных источников

1 **Азелицкая, Р. Д.** Механические и деформативные свойства керамзитополестиrolбетона // Бетон и железобетон. – 1973. – № 2. – С. 16–17.

2 **Аксенов, С. Е.** Экспериментальные исследования свойств полистиролбетона различного состава // Сборник статей Достижения, проблемы и перспективные направления развития теории и практики строительного материаловедения. Материалы десятых чтений РААСН / Казань – Пенза, 2006. – С. 95–98.

3 **Ананьев, А. И., Лобов, О. И.** Влияние технологических и эксплуатационных факторов на долговечность стен и покрытий, утепленных пенополистиролом // Отчет о НИР / НИИСФ. – М., 2003. – 10 с.

4 **Аракелян, А. А.** Прочностные и деформативные свойства легких бетонов в зависимости от свойств заполнителей : Автореферат дис. канд. техн. наук – М., 1986. – 24 с.

5 **Беляков, В. А.** Перспективы развития исследований конструкционных и теплотехнических свойств полистиролбетона. Актуальные проблемы современного материаловедения // Сб. Материалов докладов всероссийской научной конференции молодых ученых Наука. Технологии. Инновации. – Новосибирск : НГТУ, ч. 2. – 2003. – С. 74–75.

6 **Беляков, В. А., Руднов, В. С.** Изготовление полистиролбетона. Экологическое значение использования отходов металлургического производства. r. Конструкционные материалы для стен // СтройПрофиль № 2(32). – Санкт-Петербург, 2004. – С. 14.

7 СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений.

8 СНиП 31-02-2001. Дома жилые многоквартирные.

9 СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты.

10 ГОСТ 25.100-95. Грунты. Классификация.

References

1 **Azelitskaya, R. D.** Mechanical and deformative properties of expanded polystyrene concrete // Concrete and reinforced concrete. – 1973. – No. 2. – P. 16–17.

2 **Aksenov, S. E.** Experimental studies of the properties of polystyrene concrete of various compositions // Collection of articles Achievements, problems and promising directions of development of the theory and practice of construction materials science. Materials of the tenth readings of the RAASN / Kazan-Penza, 2006. – P. 95–98.

3 **Ananyev, A. I.** The influence of technological and operational factors on the durability of walls and coatings insulated with expanded polystyrene // Research report / NIISF. – Moscow, 2003. – 10 p.

4 **Arakelyan, A. A.** Strength and deformative properties of light concrete depending on the properties of aggregates Abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. – Moscow, 1986. – 24 p.

5 **Belyakov, V. A.** Prospects for the development of studies of structural and thermal properties of polystyrene concrete. Actual problems of modern materials science // Collection of materials of reports of the All-Russian scientific conference of young scientists Nauka. Technologies. Innovations. – Novosibirsk : NSTU, part 2. – 2003. – P. 74–75.

6 **Belyakov, V. A.** Production of polystyrene concrete. Ecological significance of the use of waste from metallurgical production. r. Structural materials for walls // Stroyprofil No. 2 (32) – St. Petersburg, 2004. – P. 14.

7 SN iP 2.02.01-83. Osnovani zdaniy sooruhonii.

8 SNiP 31-02-2001. Single-family residential houses.

9 SNiP 3.02.01-87. Earthworks, foundations and foundations.

10 GOST 25.100-95. Soils. Classification.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

Ғ. Б. Ыдырысов

«АСТАНАИНЖКОМСТРОЙ» ЖШС,

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ТАЯЗ ІРГЕТАСТАРДЫ ОҚШАУЛАУ

Бұл мақалада кеңейтілген полистиролды қолдана отырып, таяз іргетастарды оқшаулау қарастырылады. Оқшаулау технологиясы және жұмыс тәртібі ұсынылған.

Іргетас таспасындағы жылу изоляторының сыртқы қабаты бірнеше мәселелерді шешеді: 1. жер қойнауының геотермалдық жылуын сақтайды-гимараттың астындағы топырақ қатып қалмайды, аязды көтеру күштері пайда болмайды; 2 жылу тізбегін, шық нүктесін сыртқа жылжытады – сыртқы қабырғаларында ылғал пайда болмайтынына кепілдік берілген жерасты қабаты жұмыс істейтін техникалық алаң үшін маңызды.

Алайда, жер қойнауының жылуын тек жылу оқшаулағышпен жабу арқылы сақтау мүмкін емес. MZLF тереңдігі шамалы, сондықтан периметрді ұлғайту қажет. Ол үшін оқшауланған соқыр аймақ жиі қолданылады – гимарат қабырғасынан көлбеу экструдталған полистирол көбік қабаты бойымен бетон.

Кілтті сөздер: полистирол көбік, бетон, топырақ, оқшаулау, есептеу.

G. B. Idrisov

ASTANAINZHKOMSTROY» LLP

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 15.06.21.

INSULATION OF SHALLOW FOUNDATIONS

This article discusses the insulation of shallow-buried foundations, with the use of expanded polystyrene. The technology of insulation and the order of work are presented.

The outer layer of the heat insulator on the foundation tape solves several problems: 1. It retains the geothermal heat of the subsurface – the ground under the building does not freeze, the forces of frost heaving cannot occur; 2 It shifts the thermal contour, the dew point outwards – it is important for the technical field, the operated underground floor, on the outer walls of which moisture is guaranteed not to appear.

However, it is impossible to keep the heat of the subsurface exclusively by lining the foundation with a heat insulator. The depth of the MZLF is insignificant, so an increase in the perimeter is required. For this purpose, a insulated blind area is often used-concrete on a layer of extruded polystyrene foam with a slope from the wall of the building.

Keywords: expanded polystyrene, concrete, soil, insulation, calculation.

ГРНТИ 67.09.55

<https://doi.org/10.48081/PLIX2443>

В. Т. Станевич¹, Б. Ч. Кудрышова², *Д. К. Даиров³

^{1,2,3}Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

В статье рассматриваются вопросы применения композиционных материалов на основе органических и минеральных компонентов.

Приводятся исследования древошлакового композиционного материала, разработка химического метода модифицирования древесных опилок.

Создание нового строительного древошлакового композиционного материала на основе молотого гранулированного доменного шлака и модифицированных опилок позволит устранить большинство его отрицательных свойств за счет использования химического метода модифицирования древесных опилок.

Рассмотрена структура композиционных материалов на основе органических и минеральных компонентов.

Ключевые слова: древошлаковый композиционный материал, лигнин, древесный опилки.

Введение

Одной из основных задач в строительной промышленности на нынешний день считается сбережение энергии на всех этапах: от изготовления стройматериалов, изделий и конструкций, до постройки зданий и их эксплуатации. Объединение данных задач создает одно из направлений инноваторской деятельности большинства субъектов Казахстана, закрепление местного потенциала и демонстрации намерений для увеличения ресурсосбережения в строительстве [1, с. 17–22].

Индустрия производства строительных материалов является одной из основных отраслей экономики народного хозяйства, которая довольно эффективно может использовать отходы промышленности множества отраслей национальной индустрии для выпуска различных стройматериалов [2, с. 50–51].

Перспективным направлением в технологии производства строительных материалов являются исследования по созданию и многостороннему изучению новых композиционных материалов на основе вторичных ресурсов, отвечающих современным нормативным требованиям, экологической безопасности, экономической эффективности, конкурентоспособности, и долговечности.

Главным классом материалов, удовлетворяющих строгим, нередко противоречивым друг другу требованиям, таким как обеспечение малой массы конструкций, высокой прочности, жесткости, надежности, долговечности при работе с нагрузками, при больших температурах и в агрессивных средах считаются композиционные материалы [3, с. 347].

Материалы и методы

Композиционными считаются материалы, включающие в себя взаимно нерастворимые компоненты (фазы), имеющие между собой заметную границу раздела и адгезионное взаимодействие. Одну из фаз именуют матрицей, а другую – армирующим элементом, или наполнителем.

Древошлаковый композит является древесным композиционным материалом и состоит из матрицы (композиционное вяжущее), органического заполнителя (модифицированные древесные опилки) и армирующего элемента (химически модифицированные волокна полисахаридов целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина) между которыми есть адгезионное взаимодействие.

Самым важным технологическим переделом в технологии производства древошлакового композита является модифицирование его органического заполнителя – древесной щепы.

На свойства и внешний вид древошлакового композита значительно влияет метод обработки его органического заполнителя -древесных опилок. Исследовали два способа:

1 способ химическое модифицирование фракционированных опилок (состав опилок менее 1,20 мм) наполняется щелочным веществом «вода + компонент «Монасил» при температурах 80–87 °С в течение 2,5 ч, при этом постоянно подогреваемая реакционная смесь периодически перемешивается;

2 способ аналогичен первому, но отличается тем, что температура реакционной смеси составляет 20–30 °С [5, с. 62–70].

В результате первого способа обработки органического заполнителя были получены древошлаковые композиты с прочностью при сжатии 14,0 x 14,5 МПа, все образцы имели ровные гладкие поверхности, грани и углы не откалывались, не осыпались.

Следует отметить, что в работе, при получении древошлакового композиционного материала (далее ДШК) применили первый способ обработки органического заполнителя. В ходе проведения щелочного гидролиза образуются модифицированные опилки и щелочной раствор (плотность раствора 1100 кг/м³).

Особенности микроскопического строения древесины, обеспечивающие введение модификатора, характеризуются наличием различного рода пор, рассматриваемых на макро- и микро-уровнях.

Пропитка древесных опилок начинается с заполнения крупных макроскопических полостей, связанных с окружающей средой (сосуды и сердцевинные лучи), затем происходит проникновение модификатора в микрополости (полости древесных клеток, а также межклеточных пространств), соединенные с макрополостями системами пор.

Древесные клетки создают в древесине разветвленную систему продвижения модификатора, однако ряд полостей клеток заполнен влагой или другими веществами, а некоторые поры, соединяющие полости древесных клеток, закрыты пленками (мембранами) и способны пропускать только маловязкие жидкости.

Важным моментом в получении необходимых характеристик древошлакового композиционного материала является выбор фракции опилок.

Был изучен и исследован гранулометрический состав древесных отходов различных лесо- и деревоперерабатывающих производств. Экспериментально установлено, что основной объем (более 80 % по массе) составляет фракция опилок менее 1,25 мм.

В данной работе были изучены следующие составы древошлакового композита, в которых варьировалось отношение крупной (1,25–5 мм) и мелкой фракции (менее 1,25 мм) древесных опилок при постоянном их суммарном количестве в составе [7, с. 18–21].

Образцы хранились в течение 30 суток в камере нормального твердения. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики принятых составов

№п/п	Соотношение опилок, %	Рсж на 28сут, МПа	Вт/мК	ρ_w на 28 сутки, кг/м ³
1	0 мелк. + 100 кр.	9,8	0,187	1722
2	25 мелк. + 75 кр.	10,7	0,195	1714
3	75 мелк. + 25 кр.	11,7	0,214	1690
4	100 мелк. + 0 кр.	14,4	0,279	1687

Анализ полученных характеристик показывает, что с уменьшением размера древесных опилок прочность при сжатии композита увеличивается на 47 %, теплопроводность – на 49 %.

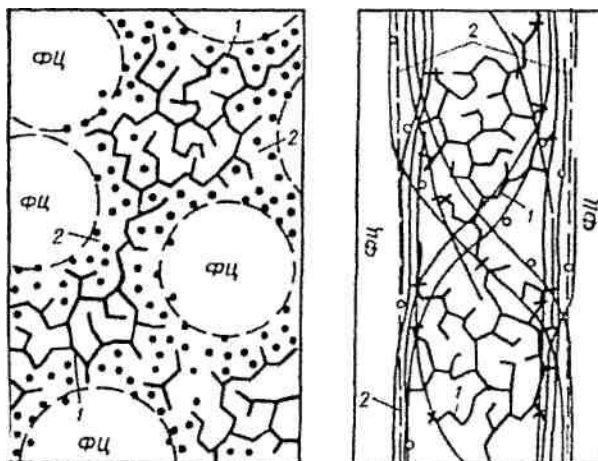
Данный результат объясняется следующим: уменьшение размера органического заполнителя приводит к увеличению диффузии химического реагента при щелочном гидролизе; с уменьшением фракции опилок образуется дисперсно-упрочненная микроструктура композита.

Для соблюдения заданных границ исследования принято в дальнейших исследованиях использовать фракцию древесных опилок менее 1,25 мм.

Элементоорганические соединения являются структурообразующими веществами древошлакового композита, а химические волокна фрагментов целлюлоз, гемицеллюлоз и лигнина, вошедшие в реакционную смесь при модифицировании опилок, создают армирование матрицы материала.

Для более глубокого изучения природы физико-механических процессов, происходящих в исследуемом композиционном материале, необходимо рассмотреть особенности строения органического заполнителя.

Рассмотрены возможные химические превращения в структуре древесных опилок при щелочном гидролизе, особенности физико-химических превращений и взаимодействий в матрице древошлакового композита.



а – поперечный срез; б – продольный срез; ФЦ-фибриллы целлюлозы;
1 – лигнин; 2 – гемицеллюлозы

Рисунок 1 – Схема строения древесного вещества

Лигнин – аморфный полимер и в отличие от полисахаридов у лигнина между мономерными звеньями отсутствует единый тип связей. Наряду с кислородными связями С-О-С в лигнине присутствуют и углерод-углеродные связи [9, с. 22–24].

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования щелочного гидролиза древесного заполнителя ДШК заключается в протекании следующих процессов:

- 1 Начинается диффузия молекул воды и щелочного раствора;
- 2 Протекает набухание высокомолекулярных соединений древесной частицы;
- 3 Происходит химическая деструкция полимеров с высокой степенью полимеризации полисахаридов, с их последующей перестановкой внутри древесной частицы;
- 4 Испаряется лигнин;
- 5 Изменяется число активных групп органического заполнителя с неорганическими компонентами древошлакового композита для химического связывания.

Выводы

Следует отметить, что древашлаковый композиционный материал обладает влажностью, а также является открытой системой, способной изменять свою внутреннюю структуру. Это и показывает его главное отличие от деревобетонов и легких бетонов.

Доказано, что новый материал имеет улучшенные физико-механические, теплофизические и эксплуатационные свойства по сравнению с конкурирующими строительными материалами.

Коэффициент теплопроводности конструкционных древошлаковых композитов находится в диапазоне 0,27–0,3 Вт/(м·К), а конструкционно-теплоизоляционных – в диапазоне 0,18–0,3 Вт/(м·К), что на 40...47 % ниже значений для ДШК. Прочностные и деформативные характеристики соответствуют требованиям (ГОСТ 30108-94). Из этого следует, что древошлаковый композит является конкурентоспособным.

Эмпирически установлено улучшение характеристик ДШК за счет его структуро- и фазообразования матрицы древошлакового композита химическими волокнами фрагментов лигнина [10, с. 50].

Доказано, что древошлаковый композиционный материал в производственных условиях имеет большую рентабельность по сравнению с другими композитами.

Список использованных источников

1 **Ефремова, О. В.** Математическое моделирование строительного древошлакового композиционного материала [Текст] / О. В. Ефремова, В. С. Грызлов, С. В. Демидов // Вестник «ЧГУ», 2013. – Т. 2. – № 1 (46). – С.17–22. Патенты.

2 **Абрамов, А. К.** Использование промышленных отходов при производстве дешевых высококачественных вяжущих и бетонов [Текст] /А. К. Абрамов, С. С. Коляго, В. К. Печериченко // Строительные материалы. – 2004. – № 6. – С. 50–51

3 Арболит. Производство и применение [Текст] / сост. В.А. Арсенцев; науч.ред. А. С. Щербаков, Н. К, Якунин. – М. : Стройиздат, 1977. – 347 с: ил. – [Электронный ресурс]. <https://kblok.ru/arbolit-ehffektivnyj-stroitelnyj-material-nanazashvili> – [Электронный ресурс].

4 **Чижиков, И. А.** Геосинтектики – технология развития дорог / И. А. Чижиков // Строительство. – 2003. – № 5.

5 **Радовский, Б. С.** Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США : новые тенденции [Текст] / Б. С. Радовский // Дорожная техника. – 2010. – № 2. – С. 62–70.

6 **Баженов, Ю. М.** Модифицированные высококачественные бетоны [Текст] / Ю. М. Баженов, В. С. Демьянова, В. И. Калашников. – М. : АСВ, 2006. – 368 с: ил.

7 **Терентьев, Д. М.** Повышение энергоэффективности зданий, строений и сооружений. Задачи Минстроя России // Журнал «Энергосбережение» № 3. – 2015. – М. : ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС». 2015. С. 18–21. – [Электронный ресурс]. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6112

8 **Васильков, С. Ы.** Технологии производства и применения экологически чистых и энергоэффективных стройматериалов на основе древесного сырья [Текст] / С. Н. Васильков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2004. – № 11. – С. 50.

9 **Волженский, А. В.** Генезис пор в структурах гидратов и предпосылки к саморазрушению твердеющих вяжущих [Текст] / А. В. Волженский // Строительные материалы. – 1979. – № 7. – С. 22–24.

10 ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам [Текст]. – Введ. 1991-01-01. – М. : Издательство стандартов, переиздание сентябрь. – 2003. – 50 с.

References

1 **Efremova, O. V.** Mathematical modeling of construction wood-slag composite material [Text] / O. V. Efremova, V. S. Gryzlov, S. V. Demidov // Vestnik “ChSU”, 2013. – Vol. 2. – № 1 (46). – Pp. 17–22. Patents.

2 **Abramov, A. K.** The use of industrial waste in the production of cheap high-quality binders and concrete [Text] / A. K. Abramov, S. S. Kolyago, V. K. Pecherichenko // Construction materials. – 2004. – No. 6. – P. 50–51

3 Arbolit. Production and application [Text] / comp. V. A. Arsentsev; scientific ed. A. S. Shcherbakov, N. K., Yakunin. – Moscow : Stroyizdat, 1977. – 347 p: ill. – [Elektronic resource]. <https://kblok.ru/arbolit-ehffektivnyj-stroitelnyj-material-nanazashvili>

4 **Chizhikov, I. A.** Geosynthetics – technology of road development / I. A. Chizhikov // Construction. – 2003. – № 5.

5 **Radovsky, B. S.** Construction of roads with cement-concrete coatings in the USA: new trends. // Road equipment. – 2010. – No. 2. – P. 62–70.

6 **Bazhenov, Yu. M.** Modified high-quality concrete [Text] / Yu. M. Bazhenov, B. C. Demyanova, V. I. Kalashnikov. – Moscow : DIA, 2006. – 368 p: ill.

7 **Terentyev, D. M.** Improving the energy efficiency of buildings, structures and structures. Tasks of the Ministry of Construction of Russia // Journal «Energy Saving» No. 3. – 2015. – М. : LLC ИП «AVOK-PRESSU. 2015. pp. 18-21. – [Elektronic resource]. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6112

8 **Vasilkov, S. Y.** Technologies of production and application of environmentally friendly and energy-efficient building materials based on wood raw materials [Text] / S. N. Vasilkov // Construction materials, equipment, technologies of the XXI century. – 2004. – No. 11. – P. 50.

9 **Volzhensky, A. V.** Genesis of pores in hydrate structures and prerequisites for self-destruction of hardening binders. // Construction materials. – 1979. – No. 7. – P. 22–24.

10 GOST 10180-90. Concrete. Methods for determining the strength of control samples [Text]. - Introduction. 1991-01-01. – Moscow : Publishing House of Standards, reissue September. – 2003. – 50 p.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

В. Т. Станевич¹, Б. Ч. Кудрышова², *Д. К. Даиров³

^{1,2,3}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

**ОРГАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ МИНЕРАЛДЫ КОМПОНЕНТТЕРГЕ
НЕГІЗДЕЛГЕН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ
ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІ**

Мақалада органикалық және минералды компоненттерге негізделген композициялық материалдарды қолдану туралы айтылады.

Ағаш және қож композиттік материалдарды зерттеу, үгінділерді модификациялаудың химиялық әдісін жасау ұсынылған.

Ұнтақталған түйіршіктелген домна пешінің қожсына және модификацияланған үгінділерге негізделген жаңа құрылыс ағаш-шлакты композициялық материалды құру, үгінділерді модификациялаудың химиялық әдісін қолдану арқылы оның жағымсыз қасиеттерінің көпшілігін жояды.

Органикалық және минералды компоненттерге негізделген композициялық материалдардың құрылымы қарастырылады.

Кілтті сөздер: ағаш және қож композиттік материал, лигнин, үгінділер.

V. T. Stanevich¹, B. C. Kudryshova², *D. K. Dairov³

^{1,2,3}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 15.06.21.

**EXPERIENCE IN THE USE OF COMPOSITE MATERIALS
BASED ON ORGANIC AND MINERAL COMPONENTS**

The article deals with the application of composite materials based on organic and mineral components.

Investigations of wood and slag composite material, development of a chemical method for modifying sawdust are presented.

Creation of a new building wood-slag composite material based on ground granulated blast-furnace slag and modified sawdust will eliminate most of its negative properties through the use of a chemical method of modifying sawdust.

The structure of composite materials based on organic and mineral components is considered.

Keywords: wood and slag composite material, lignin, sawdust.

Г. Б. Идрисов

ТОО «АСТАНАИНЖКОМСТРОЙ»,

Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ МЕЛКОЗАГЛУБЛЕННОГО ФУНДАМЕНТА

В данной статье рассматривается эффективность применения пенополистерола, при теплоизоляции мелкозаглубленного фундамента. В современное время данное исследование носит весьма востребованный и актуальный характер. Для того чтобы понять необходимость теплоизоляционных работ и выяснить для чего нужно утеплять фундамент, особенно неглубокого заложения, следует разобраться в свойствах применяемых материалов для основания дома.

Основу фундамента составляют два материала: бетон и металлический каркас, повышающий его прочность. Основные свойства данных материалов заключается именно в высокой несущей способности. А что касается удерживания тепла, то основание это просто «мост» для доступа холодного помещения внутрь. Фундамент способствует большой передаче холода от промерзающего грунта зимой внутрь. И это свойство выше как раз у оснований мелкого заложения.

Ключевые слова: пенополистерол, фундамент, утепление, теплоизоляция.

Введение

Появление новых энергоэффективных утеплителей, а именно экструдированного пенополистирола, позволило массово изолировать конструкции в грунте.

Высокая механическая прочность и устойчивость этой изоляции к влаге и различным агрессивным воздействиям позволили оснастить изоляцию подземных сооружений высокой надежностью и долговечностью [1].

Материалы

Экструдированный пенополистирол XPS (eXtruded PoliStyrene. Данный материал, производится методом экструзии – путем продавливания вязкого расплава через формующее отверстие. Сначала гранулы полистирола смешивают с пенообразователями, затем перемешивают под большим давлением, а уже потом выдавливают из экструдера.

Результаты и обсуждение

Размещения теплоизоляции горизонтально в грунте по периметру внешне относительно фундамента, предотвращает промерзание грунта в непосредственной близости от основании фундамента.

При энергоутеплении фундамента необходимо определить следующие параметры:

– ширина горизонтально расположенного изоляционного бруса, прилегающего к фундаменту.

– толщина горизонтальной теплоизоляции материалом экструдированным пенополистиролом, в том числе вблизи углов здания, где работает холодное перекрестное воздействие.

– толщина вертикальной изоляции материалом экструдированным пенополистиролом.

– нижний предел вертикальной теплоизоляции [1].

Расчет фундамента с низкой изоляцией (TFMZ) заключается в определении следующих параметров:

– размеры теплоизоляции D_h , L_c , b_y , b_h ;

– толщина грунтовой подушки.

Размеры теплоизоляции определяются соответствующими таблицами коэффициентов. Конструктивные параметры теплоизоляции определяются индексом холода (MI) площади застройки дома. Если вычисленный MI не совпадает с показанным в таблице, берется ближайшее более высокое табличное значение MI. Ширина горизонтальной изоляции выбирается в зависимости от конкретных условий.

Толщина почвенной подушки отапливаемых зданий с температурой внутреннего воздуха в помещении не менее $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зимний сезон принимается равной $0,2\text{ м}$, при температуре воздуха ниже $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, но выше $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – равной $0,4\text{ м}$. Подошва фундамента уступает место не только сверху, но и сбоку [2]. Для поддержания расчетного уровня теплоизоляции фундамента, если под слепой зоной имеется слой утеплителя, необходимо увеличить размер слоя теплоизоляции. Расчет теплоизоляции фундамента. Здесь мы выполняем, в качестве примера, расчет низкотемпературного фундамента (ТФМЗ) для дома без утепления для ленточного железобетонного фундамента. Рисунок 1.

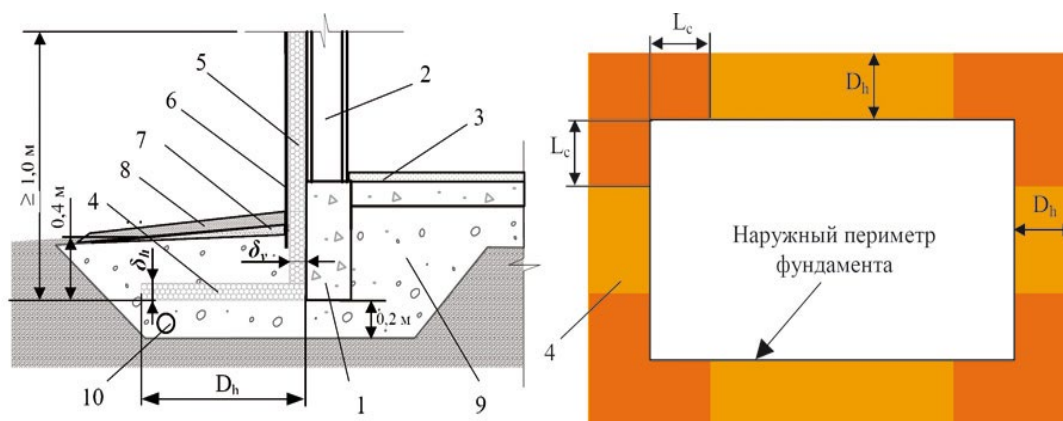


Рисунок 1 – Схема теплоизоляции фундамента здания без теплоизоляции пола

Схема теплоизоляции фундамента здания без утепления пола. На рисунке 1 горизонтальная и вертикальная теплоизоляционная нагрузка на 1 погонный метр.

Фундаментная лента определяется в соответствии со СНИПом 2.01.07-85. Для расчета нагрузки на фундамент программы – калькулятора вы можете найти эту ссылку. С помощью этого калькулятора мы определяем нагрузку на фундаментный брус и ширину основания фундамента. Далее необходимо определить: размеры вертикальной и горизонтальной изоляции; толщину грунтовой подушки [3].

Предварительные данные: в качестве теплоизолятора мы используем теплоизоляционные плиты из экструдированного пенополистирола (XPS) класса 35;

Материалом для крепления грунтовой подушки и засыпки пазух скважин служит щебень плотностью $\rho = 2040 \text{ кг / м}^3$ и модулем деформации $E = 65000 \text{ кПа}$ [4].

Недра представлены пылеватыми песками плотностью $\rho = 1800 \text{ кг / м}^3$ ($18,0 \text{ кН / м}^3$) и модулем деформации $E = 18000 \text{ кПа}$. Последовательность вычислений:

1. IM определение. Таким образом мы находим параметр, присвоенный строительной площадке, с помощью схемы IM-карты. $IM = 50\,000$ часов при температуре [5].

2. Определение параметров вертикальной и горизонтальной изоляции [6]. В таблице 1 следующие параметры теплоизоляции соответствуют индексу холода $IM = 50\,000$ градусо-часов в час:

– толщина вертикальной теплоизоляции

$$b_v = 0,06 \text{ м};$$

– толщина горизонтальной теплоизоляции по периметру здания

$$b_h = 0,061 \text{ м};$$

– толщина горизонтальной теплоизоляции на углах здания

$$b_c = 0,075 \text{ м};$$

– ширина теплоизоляционной юбки

$$D_h = 0,6 \text{ м};$$

– длина секций вблизи углов здания $LC = 1,5 \text{ м}$. 3. шаг.

Расчет толщины почвенной подушки.

Толщина почвенной подушки для отапливаемых зданий, температура воздуха которых в зимних помещениях не ниже 17°C , принимается не менее $0,2 \text{ м}$. Ответ. Основываясь на произведенных расчетах, мы, наконец, пришли к согласию:

$$b_v = 0,06 \text{ м};$$

– толщину горизонтальной теплоизоляции по периметру здания из плит

$$bh=0,061 \text{ м};$$

– толщину горизонтальной изоляции на углах здания из плит

$$bc=0,075 \text{ м};$$

– ширину теплоизоляционной юбки

$$Dh=0,6 \text{ м};$$

– длина секций вблизи углов здания с усиленной теплоизоляцией составляет $LC = 1,5 \text{ м}$; толщина почвенной подушки составляет $0,2 \text{ м}$. В этом случае глубина скважины под TFMZ составляет:

$$0,4 \text{ м} + 0,2 \text{ м} = 0,6 \text{ м}.$$

Выводы

Таким образом, утепление фундамента и почвы вокруг дома позволяет избежать последствий промерзания и строить неглубокие фундаменты, не углубляясь в незамерзшие слои почвы. Преимущества экструдированного пенополистирола по сравнению с другими теплоизоляционными материалами при использовании на крыше:

- сокращение количества структурных слоев и технологических операций;
- защита от вредного воздействия других материалов;
- снижение нагрузки на несущие конструкции.

Коэффициент теплопроводности экструзионных плит ниже, чем у традиционно используемых жестких минераловатных плит. В то же время высокая прочность и жесткость позволяют возводить кровлю без использования сборных или монолитных стяжек.

Список использованных источников

- 1 СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»
- 2 **Веселов, В. А.** «Проектирование оснований и фундаментов»
- 3 СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»
- 4 СНиП 2.02.03-85 «Свайные фундаменты»
- 5 **Теличенко, В. И., Лapidус, А. А., Терентьев, О. М.** Технология строительных процессов : учебник для строительных вузов : в 2 ч. Ч. 1, 2. – М. : Высш. шк., 2007. – 392. – с. 2.
- 6 **Антонец, В. Н.** Технология строительных процессов: основные понятия и положения : методические указания к практическим занятиям для студентов строительных специальностей специалитета направлений 271101.65 «Строительство уникальных зданий и сооружений». – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. – 32 с.

7 **Азелицкая, Р. Д.** Механические и деформативные свойства керамзитополистиролбетона // Бетон и железобетон. – 1973. - № 2. – С. 16–17.

8 **Аксенов, С. Е.** Экспериментальные исследования свойств полистиролбетона различного состава / Казань – Пенза, 2006. – С. 95–98.

9 **Ананьев, А. И., Лобов, О. И.** Влияние технологических и эксплуатационных факторов на долговечность стен и покрытий, утепленных пенополистиролом // Отчет о НИР / НИИСФ. – М., 2003. – 10 с.

10 **Аракелян, А. А.** Прочностные и деформативные свойства легких бетонов в зависимости от свойств заполнителей Автореферат дис. канд. техн. наук – М., 1986. – 24 с.

References

1 SNiP 2.02.01-83* «Foundations of buildings and structures»

2 V. A. Veselov «Design of foundations and foundations».

3 SNiP 2.01.07-85* «Loads and impacts»

4 SNiP 2.02.03-85 «Pile foundations»

5 **Telichenko, V. I.** Technology of construction processes: textbook for construction universities : in 2 h. Ch. 1, 2. – Moscow : Higher School, 2007. – 392 p.

6 **Antonets, V. N.** Technology of construction processes: basic concepts and provisions : methodological guidelines for practical classes for students of construction specialties of the specialty of the directions 271101.65 «Construction of unique buildings and structures», 151701.65 – Khabarovsk : Publishing house of the Pacific State University, 2012. – 32 p.

7 **Azelitskaya, R. D.** Mechanical and deformative properties of expanded polystyrene concrete // Concrete and reinforced concrete. – 1973. – No. 2. – P. 16–17.

8 **Aksenov, S. E.** Experimental studies of the properties of polystyrene concrete of various compositions / Kazan-Penza, 2006. – P. 95–98.

9 **Ananyev, A. I.** The influence of technological and operational factors on the durability of walls and coatings insulated with expanded polystyrene // Research report / NIISF. – Moscow, 2003. – 10 p.

10 **Arakelyan, A. A.** Strength and deformative properties of light concrete depending on the properties of aggregates Abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences. – Moscow, 1986. – 24 p.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

***Ф. Б. Ыдырысов**

«АСТАНАИНЖКОМСТРОЙ» ЖШС,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ҰСАҚ ТЕРЕҢДЕТІЛГЕН ІРГЕТАСТЫҢ ЖЫЛУ ОҚШАУЛАҒЫШЫ

Бұл мақалада таяз іргетастың жылу оқшаулауымен кеңейтілген полистиролды қолдану тиімділігі қарастырылады. Қазіргі уақытта бұл зерттеу өте танымал және өзекті. Жылу оқшаулау жұмыстарының қажеттілігін түсіну және іргетасты не үшін оқшаулау керек екенін білу үшін, әсіресе таяз төсеу үшін, үйдің негізі үшін қолданылатын материалдардың қасиеттерін түсіну керек.

Фундаменттің негізі оның беріктігін арттыратын металл қаңқа болып табылады. Сонымен, бұл материалдардың негізгі қасиеттері дәл олардың көтеру қабілеттілігінде. Ал жылуды сақтауға келетін болсақ, біз екі материал бар деп айта аламыз: бетон негізі ішіндегі суық бөлмеге кіруге арналған «көпір» ғана. Негіз, керісінше, суықтың үлкен ауысуына ықпал етеді, ішіндегі қыста топырақты мұздату. Мұның қасиеті жоғары – тек таяз іргетастарда .

Кілтті сөздер: кеңейтілген полистирол, топырақ, оқшаулау, есептеу.

G. B. Idrisov

ASTANAINZHKOMSTROY LLP,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 15.06.21.

THERMAL INSULATION OF A FINELY DEEPENED FOUNDATION

This article discusses the effectiveness of using expanded polystyrene with thermal insulation of a shallow foundation. Currently, this study is very popular and relevant. In order to understand the need for thermal insulation works and to find out why the foundation should be insulated, especially for shallow laying, it is necessary to understand the properties of the materials used for the foundation of the house.

The basis of the foundation is a metal frame, which increases its strength. So, the main properties of these materials are precisely in their load-bearing capacity. And as for heat preservation, we can say that there are two materials: a concrete base is only a «bridge» for access to a cold room inside. The base, on the other hand, contributes to a large transition of cold, freezing of the soil in winter inside. This property is high only on shallow foundations .

Keywords: expanded polystyrene, soil, insulation, calculation.

FTAMP 73.41.29

<https://doi.org/10.48081/BIYP6869>

***А. Д. Сулейменов¹, Р. Б. Муканов,² Н. С. Сембаев³,
Р. Ю. Зарипов⁴, Д. Б. Имангазинова⁵**

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

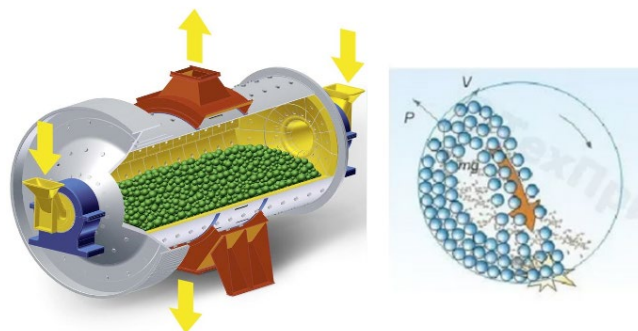
ЖОЛ ҚҰРЫЛЫСЫНДАҒЫ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШАРЛЫ ДИІРМЕН

Бүгінгі күнде жол-құрылыс машиналары арасында шарлы диірмендер жол құрылысында маңызды рөл атқарады. Бұл ұнтақтау машинасы түрінің танымалдылығы оның құрылысының қарапайымдылығында болып табылады. Қазіргі уақытта өндірістің көп салаларында материалдың жіңішкелік дәрежесі және оған жету уақытын азайту қажет болуда. Осының себебінен материалды тезірек және үлкен күшпен бұзу үшін ұнтақтау денелерінің соққы күші мен қажалу әсерін жоғарылату негізгі жетілдірудің көрсеткіштері болып табылады. Авторлармен жүргізілген әдебиеттік-патенттік зерттеулер нәтижесінде материалды бұзу энергиясын жоғарылату үшін ұнтақтау камерасының айналу жылдамдығын жоғарылату шектеулігі мәселесі кедергі келтіретіні анықталып, осы мәселені шешу мақсатында жаңа инновациялық құрылысты V-пішінді шарлы диірмен ұсынылып отыр.

Кілтті сөздер: жол-құрылыс машиналары, жол-құрылысы, шарлы диірмен, ұнтақтау, соққы күші, қажалу.

Кіріспе

Жол – құрылыс машиналарының қатарында қазіргі уақытта материалдарды ұсақтау-сұрыптау процесінде маңызды рольді шарлы диірмендер алып отыр. Бүгінгі күнде шарлы диірмендердің горизонтальды барабанды құрылысы кең тараған. Шарлы диірмен немесе барабанды-шарлы диірмен бұл әр түрлі немесе біркелкі диаметрлі ұнтақтағыш шарлар көмегімен қатты материалдарды ұнтақтауға және қатты заттар мен сұйықты араластыруға (суспензия және эмульсия дайындау) арналған құрылғы. Бұл құрылғының жұмыс жасау тәртібі айналып жатқан барабанның ішінде материалдың ұнтақталуына негізделген [1]. Айналым қозғалысы кезінде ұнтақтағыш шарлар мен ұнтақталатын материал (ары қарай жүктеме) алдымен барабанмен бірге шеңберлі траекториямен қозғалыста болады, содан кейін парабола сызығымен құлай бастайды (сурет-1).



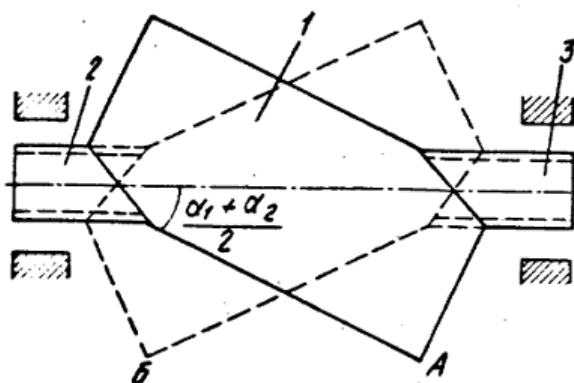
Сурет 1 – Шарлы барабанды диірменнің құрылысы және жұмыс жасау тәртібі

Айналу осіне жақын жатқан жүктеменің бір бөлігі астына қарай бірнеше шар қабатының үстімен сырғанады. Ұнтақтау шарлары мен материал бөлшектерінің бір біріне қатысты салыстырмалы орын ауыстыруы кезінде қажалу нәтижесінде, сондай-ақ соққы әсерінен барабанның ішіндегі материал ұнтақталады [2]. Барабаннан шығатын дайын материалдың ірілік шамасын реттеу барабанның айналым жылдамдығымен анықталады. Бірақ, бұл шаманы жылдамдық арқылы реттеу «сындарлы(критикалық) жылдамдықпен» шектеледі. Егер жылдамдық шамасы критикалық мәннен асып түссе, онда ортадан тепкіш күш ұнтақтағыш шарлардың диірмен қабырғасына жабысып қалуын тудырады [3]. Қазіргі уақытта жол құрылысы саласында аса жіңішке ұнтақты материалдарды пайдалану қажеттілігі туындап отыр. Осыған орай шарлы диірмендердің тиімділігін арттыру өзекті болып табылады.

Материалдар мен әдістер

Жоғарыда атап өткендей барабанның жоғары айналым жылдамдықтарында ұнтақтау шарларының диірмен қабырғасына жабысып қалуы орын алады. Нәтижесінде бұл құбылыс диірменнің ұнтақтау тиімділігін төмендетеді. Бұл мәселенің әр түрлі техникалық шешімдері бар. Техникалық шешімдер бойынша әдебиеттік-патенттік шолу жүргізіліп, олардың ішінде болашағы бар құрылыстарға талдау жүргізілді.

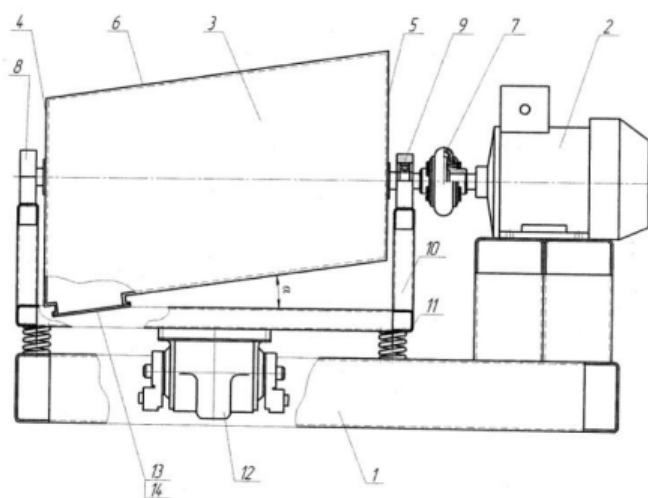
2-ші суретте шарлы барабанды диірмен құрылыстарының бірі көрсетілген. Бұл құрылыстың ерекшелігі ұнтақтау камерасының бойлық осі мен горизонталь арасында қосымша бұрыштық параметрдің α ендірілуі болып табылады [4].



Сурет 2 – Көлбеу бұрышты шарлы барабанды диірмен [4]

Бұл диірменнің барабаны ішінде жүктеме (ұнтақтау шарлары мен ұнтақтау материалы) бойлық бағыт бойынша қозғалысының пайда болу әсерінен күрделі қозғалыс жасайды. Дәстүрлі горизонтальды барабанды шарлы диірменге қарағанда аталып өткен диірменде жүктеменің бойлық бағыт бойынша қосымша қозғалу мүмкіндігі қамтамасыз етілген. Бұл диірменнің кемшілігі ұнтақтау шарларының қажет ұнтақтау дәрежесін алу үшін соққы күшінің жетіспеушілігінде болып табылады.

Келесі диірменнің құрылысы (3-сурет) жоғарыда қарастырылып өткен диірменнің жетілдірілген түрі болып табылады [5].



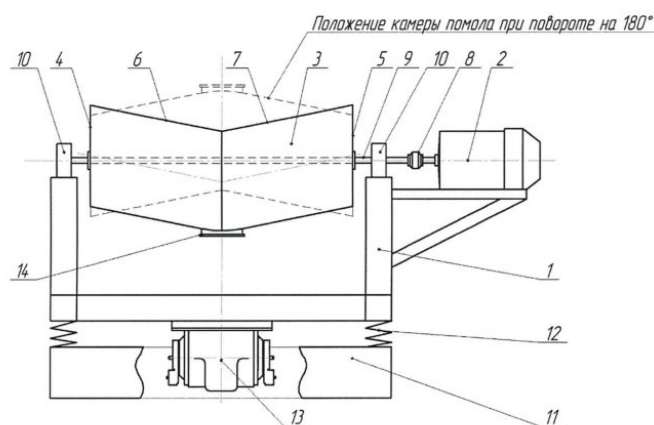
Сурет 3 – Көлбеулі камералы дірілді-айналмалы диірмен [5]

Бұл диірменде қозғалыстағы ұнтақтау шарлары бір уақытта үш жазықтық бойынша ілгерілемелі, айналмалы және тербелмелі қозғалыс нәтижесінде күрделі траектория жасайды. Осының нәтижесінде ұнтақтау тиімділігі артады. Аталып

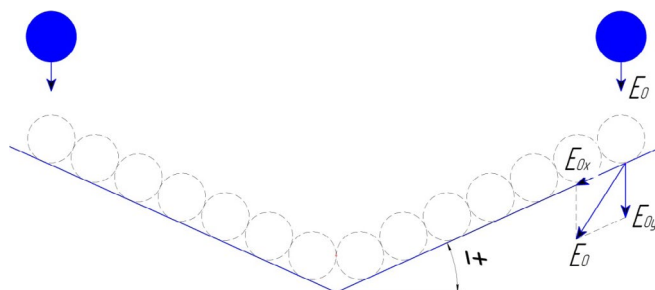
өткен диірменнің кемшілігі үлкен айналым жылдамдығы кезінде материалдың бойлық орын ауыстыру жылдамдығының төмендігінде болып табылады [6].

Нәтижелер мен талқылау

Әдебиеттік-патенттік шолу нәтижесінде аталып өткен диірмен құрылыстарын ары қарай жетілдіру мақсатында авторлармен жаңа инновациялы V-пішінді шарлы диірмен (сурет 4) ұсынылып отыр. Бұл құрылыс ҚР-ның пайдалы моделі ретінде патенттелген [7]. Ұсынылып отырған диірмен құрылысының ерекшелігі – шарлармен толтырылған ұнтақтау камерасы бір біріне шет жақ қабырғаларымен белгілі бір бұрышпен қосылған екі цилиндрлі секциялылығында, сонымен қатар камера бір уақытта айналмалы және дірілді қозғалыс жасау мүмкіндігінде болып табылады. (5-сурет).



Сурет 4 – Инновациялы V-пішінді шарлы диірмен [7]



Сурет 5 –V-пішінді шарлы диірменнің ұнтақтау сұлбасы

Ұсынылып отырған инновациялық диірмен жұмыс істеу тәртібіне келетін болсақ, біріншіден тиіп-түсіру қақпағы 14 арқылы ұнтақтау камерасына 3 ұнтақтау шарлары мен ұнтақталатын материалды енгізеді. Дірілдеткіш 13 қозғалмалы раманы 10 және оған орналасқан ұнтақтау камерасын тік тербелісін тудырады. Осымен қатар, жетек 2 муфта 8 және білік 9 арқылы ұнтақтау камерасын айналдырады. Бүйір цилиндрлік беттердің 6, 7 бір біріне бұрышпен орналасу есебінен және әр цилиндрлік секцияның тербелмелі қозғалысы әсерінен жүктеме камераның 3 шет жағынан орта бөлігіне және қайта бойлық-қайтымды қозғалыс

жасайды. Ал камераның 3 тік-дірілді және айналмалы қозғалысы әсерінен жүктеме айналу осіне перпендикулярлы бағытта қозғалады. Аталып өткен қозғалыс траекториялары есебінен ұнтақтау шарлары ұнтақталатын материалға соққылы және қажалу әрекеттері арқылы әсер етеді және жүктеменің күрделі қозғалысы әсерінен ұнтақтау камерасында 3 материал мен шарлардың үзіліссіз араласуы орын алады. Сонымен қатар ұнтақтау камерасының айналу есебінен және секциялардың бір-біріне белгілі бір бұрышпен орнатуынан камерадағы материал алғашында екіге бөлініп камераның 3 орта бөлігінен шетжақ қабырғаларына, содан кейін шетжақтан орта бөлікке орын ауыстырып, бір бірімен соқтығысып бойлық-қайтымды қозғалыс жасап. Осының әсерінен ұнтақталатын материалға қосымша бойлық динамикалық жүк салмақ пайда болады, яғни ұнтақтау шарлары арасында материал түйіршіктерін қысу күші жоғарылайды, және ол үйкеліс күштерімен үйлесіп ұнтақтау жіңішкелігін арттырады. Осының барлығы ұнтақтау тиімділігін жоғарылатады. Белгілі бір уақыттан кейін ұнтақтау қажетті жіңішкелігіне жеткен кезде, қақпақты ашып дайын өнімді алады.

Қорытынды

Берілген мақалада жол-құрылыс машиналарының арасындағы жол құрылысында маңызды рөл атқаратын шарлы диірмендерге терең талдау жүргізілді. Талдау нәтижесінде болашағы бар диірмен құрылыстары іріктеліп, олардың жұмыс жасау принциптері мен артықшылықтары, кемшіліктері анықталды. Анықталған кемшіліктер негізінде авторлармен шарлы диірменнің жаңа инновациялық құрылысы ұсынылды. Жаңа диірменнің артықшылығын айқындалып, оның жұмыс жасау принципі қарастырылды. Ұсынылған диірменнің жаңа құрылысы материалға ұнтақтау шарларымен әр түрлі тәсілдермен интенсивті әсер ету көмегімен ұнтақтау жіңішкелігін жоғарылатып, ұнтақтау тиімділігін арттыратынын болжауға мүмкіндік береді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 Wang, M. H., Yang, R. Y., Yu, A. B. DEM investigation of energy distribution and particle breakage in tumbling ball mills / Powder Technology. – 2012. – V. 223. – P. 83–91.

2 Гурьянов, Т. М., Кумыкова, А. Д. Сулейменов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе: Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Пермь : Изд-во Пермского нац. исследовательского политехн. ун-та, 2017. – С. 188–191.

3 Ибрагимова, З. А. Исследование параметров износостойкости тяжело нагруженных зубчатых передач и разработка ресурсосберегающей технологии их изготовления: диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD), специальность 6D071200 «Машиностроение». – Алматы, 2014. – С. 11.

4 Ларионов, Е. Д., Бородин, Н. А., Долгих, А. А. А.с. 1827288 СССР, МПК В02С 17/02 Шаровая мельница [Текст]/ Ларионов Е.Д., Бородин Н.А., Долгих А.А. - 4926078/33; заявлено 08.04.93; опубл. 15.07.93, Бюл.№26. - С.1

5 Патент 105199 РФ, МПК В02С17/06. Вибровращательная мельница / Гаврунов А.Ю., Богданов В.С., заяв. и патентообл. Белг. госуд. технол. ун-т им. В.Г. Шухова – №2010152390/21; заявл. 21.10.2010; опубл. 10.06.2011 Бюл. №16 – 4 с.

6 Гаврунов, А. Ю., Богданов, В. С. Вибровращательная мельница с продольно-поперечным движением мелющих тел // Вестник ТГТУ. – 2013. – Т. 19. – № 4. – С. 864–869.

7 Патент РК № 2017/0343.2, 29.12.2017. Устройство для тонкого измельчения материалов // Бюл. №26(II). / Гурьянов Г.А., Кумыкова Т.М., Сулейменов А.Д.

8 Жунусов, А. К., Быков, П. О., Касимгазинов, А. Д., Токтар, Д. Совершенствование технологии производства стальных помольных шаров в группы твердости в условиях ПФ ТОО «Кастинг»// Наука и техника Казахстана. – № 3. – 2019. – С.115–121.

9 Олевский, В. А. Размольное оборудование обогатительных фабрик: справ. пособие по конструкциям, расчету и эксплуатации шаровых и стержневых мельниц / В. А. Олевский. – М. : Госгортехиздат, 1963. – 448 с.

10 Ходаков Г. С. Тонкое измельчение строительных материалов. – М. : Изд-во лит-ры по строительству, 1972. – 233 с.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

*А. Д. Сулейменов¹, Р. Б. Муқанов², Н. С. Сембаев³,

Р. Ю. Зарипов⁴, Д. Б. Имангазинова⁵

^{1,2,3,4,5}Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

ИННОВАЦИОННАЯ ШАРОВАЯ МЕЛЬНИЦА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

На сегодняшний день шаровые мельницы являются одними из наиболее востребованных видов дорожно-строительных машин в сфере дорожного строительства. Высокая популярность данного вида измельчителя обусловлена простотой конструкции и высокой эффективностью измельчения. В настоящее время во многих сферах производства возникла необходимость в использовании материала сверхтонкого размера и сокращения времени для достижения требуемой тонкости помола. Учитывая тот факт, что основным принципом повышения тонкости измельчения является повышение силы удара и истирания, исследования в этой области, направлены на повышение энергии разрушения. Проведенный авторами литературно-патентный анализ существующих конструкций мельниц выявил проблему,

связанная с повышением энергии разрушения, выраженная в ограниченности увеличения скорости вращения камеры, и на основе этого предложена новая инновационная конструкция мельницы V-образной формы.

Ключевые слова: дорожно-строительные машины, дорожное строительство, шаровая мельница, измельчение, сила удара, истирание

***A. D. Suleimenov¹, R. B. Mukanov², N. S. Sembaev³,**

R. Yu. Zaripov⁴, D. B. Imangazinoва⁵

^{1,2,3,4,5}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 15.06.21.

INNOVATIVE BALL MILL IN ROAD CONSTRUCTION

Today, ball mills are one of the most demanded types of road construction machines in the field of road construction. The high popularity of this type of shredder is due to the simplicity of the design and high efficiency of shredding. Nowadays, in many areas of production, it is necessary to use a material of ultrafine size and reduce the time to achieve the required fineness of grinding. Considering the fact that the main principle of increasing the fineness of grinding is to increase the force of impact and abrasion, research in this area is aimed at increasing the energy of destruction. The authors' literature and patent analysis of existing designs of mills revealed a problem associated with an increase in the energy of destruction, expressed in the limited increase in the speed of rotation of the chamber, and on the basis of this, a new innovative design of a V-shaped mill was proposed.

Keywords: road construction machines, road construction, ball mill, grinding, impact force, abrasion.

***М. Х. Шалабаева¹, А. К. Абуова²**

^{1,2}Казахский университет путей сообщения,

Республика Казахстан, г. Алматы

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИИ СИСТЕМЫ «ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА-АВАРИЙНЫЙ ОБЪЕКТ»

В статье показана возможность применения классических методов теории массового обслуживания и адаптированных вариантов этих методов для обоснования и моделирования различных схем организации проведения аварийно-восстановительных работ структурными подразделениями функциональной подсистемы железнодорожного транспорта, формирования сетевых систем (соединений) таких подразделений, обеспечения их необходимыми ресурсами, прогнозирования и оценки эффективности действий таких подразделений. Доказано, что существенное уменьшение негативного влияния последствий железнодорожных аварийных ситуаций на окружающую среду возможно при сокращении срока проведения ликвидационных работ, а также при уменьшении времени сосредоточения подразделений и применения сил и средств необходимой производительности. А увеличение времени сосредоточения требует увеличения в разы производительности таких сил и средств.

Ключевые слова: окружающая среда, железнодорожный транспорт, опасные грузы, аварии, аварийные ситуации.

Введение

Исследование железнодорожных (ЖД) аварийных ситуаций (АС) с опасными грузами (ОпГр) [1-3], свидетельствуют о том, что их развитие имеет сложный характер, конечным результатом которого может быть: возникновение тяжелых последствий, связанных со взрывами, пожарами, гибелью или травмированием людей, разрушением подвижного состава (ПС) и объектов ж.д. транспорта (ЖДТ), загрязнением окружающей среды (ОкСр) и т.п. Для научного обоснования эффективного управления процессами восстановления безопасного состояния функционирования системы «ОкСр – аварийный объект – ликвидационные подразделения» нужно выделить возможные сценарии их развития:

- медленное накопление негативных факторов ЖД АС, но не до уровня их критических значений. Это не приводит к взрывам или пожарам и т.п.;
- медленное накопление негативных факторов ЖД АС, их выход за пределы критических значений с последующим взрывом или пожаром и т.п.;
- быстрое накопление негативных факторов ЖД АС с их выходом за критические пределы. Что приводит к пожару или взрыву и т.п.

Такие ЖД АС, как правило, характеризуются неполнотой информации о развитии их опасных факторов, губительным воздействием на людей, ОкСр, объекты инфраструктуры и ПС ЖДТ, быстрым ростом с течением времени экологических, материальных, экономических и других убытков.

Для принятия мер по локализации таких ЖД АС и ликвидации их последствий необходимо привлечение определенного количества разнообразных по назначению ликвидационных подразделений ЖДТ и других министерств и ведомств.

Причем в процессе организации ликвидационных работ необходимо обеспечивать определенные критерии их эффективности (ситуативные критерии), достичь которых можно только на основании научно обоснованного прогнозирования успешности завершения этих работ в установленные сроки и при имеющихся ресурсах.

Развитие ЖД АС обуславливает сложные условия процесса анализа обстановки и выработки руководителем оперативного штаба решений по реагированию на нее, которые, в частности, характеризуются и дефицитом времени, связанного с необходимостью скорейшего восстановления движения поездов, а также приемом и осознанием им большого количества разнообразной информации о ЧС [2,4].

Основной материал исследования.

Реагируя на ЖД АС, на вход n – канальной СМО (где n – количество ликвидационных подразделений (ЛикП)) поступает простейший поток требований (опасных факторов ЖД АС) с интенсивностью λ . Время обслуживания, то есть время проведения ликвидационных работ (T_{np}) – распределяется по показательному закону [5]. Процесс обслуживания заявки имеет такую особенность: перед тем как начать ее обслуживание, «прибор обслуживания», которым, например, является пожарный или восстановительный поезд, или аварийные подразделения, должен быть подготовлен к этому. Время подготовки «прибора обслуживания» состоит из времени сбора подразделения, следования к месту ЧС или ЖД АС и развертывания средств проведения ликвидационных работ. Время подготовки обслуживающего прибора или время сосредоточения (T_c) имеет показательное распределение с параметром ν . Заявка, которая застает обслуживающий прибор свободным, поступает на обслуживание. Требование, которое застает все приборы обслуживания занятыми, становится в очередь и ждет обслуживания.

То есть случайная величина (T_L) состоит из двух фаз подготовки и обслуживания ($T_L = T_c + T_{np}$), которая распределена в соответствии с обобщенным законом Эрланга 2-го порядка с параметрами ν и μ . Закон распределения плотности вероятности этого закона выражается формулой [6]:

$$g(t) = \int_0^t \nu \cdot e^{-\nu t_1} \cdot \mu \cdot e^{-\mu(t-t_2)} dt = \frac{\nu \cdot \mu \cdot (e^{-\nu t} - e^{-\mu t})}{\mu - \nu}, \quad (t > 0) \quad (1)$$

где $\nu = \frac{1}{M[T_c]}$, $f_1(t) = \nu \cdot e^{-\nu t}$; $\mu = \frac{1}{M[T_{np}]}$, $f_2(t) = \mu \cdot e^{-\mu t}$.

Поток обслуживания в такой СМО не пуассоновский, то есть система не является марковской, и найти вероятности состояний СМО по методам для марковских процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем возможности нет [6].

Известно, что нарушения пуассоновского распределения событий в любой СМО переводит ее из марковской в немарковскую. В результате чего, непосредственное составление и использование уравнений Колмогорова становится невозможным. Поэтому для анализа таких СМО наиболее распространенными являются два направления аналитических методов анализа немарковских систем:

– направление, которое базируется на использовании классической теории марковских цепей. Этот подход требует для своей реализации расширения фазового пространства возможных состояний исследуемой системы (метод псевдосостояний);

– направление, которое связано с использованием более сложного математического аппарата, но без искусственного увеличения количества состояний системы (метод полумарковских процессов).

Оба эти направления имеют между собой много общего, но различаются по своим возможностям и степени сложности для проведения расчетов.

Использование полумарковских процессов предполагает рассмотрение поведения системы только в моменты смены ее состояний (в моменты скачков процесса), в результате чего образуется цепь Маркова. В этом случае отсутствие последствия реализуется не в любой момент времени, как это имеет место в марковском процессе, а только в момент скачков. Эффективность применения этого метода зависит от способов задания полумарковских процессов. В любом случае должна быть известной величина конечного множества возможных состояний исследуемой системы, подсистемы которой связаны в марковскую цепь. Также должны быть известны направления возможных переходов системы из одного состояния в другое и ее исходное состояние.

Метод псевдосостояний используется только при наличии входного потока требований и потока обслуживания с пуассоновской функцией распределения плотности вероятностей, которые являются композицией экспоненциальных распределений с одинаковым параметром. Он позволяет достаточно просто, с математической точки зрения, используя обычный вариант записи уравнений Колмогорова, анализировать немарковскую СМО как в установившемся, так и в неустойчивом режиме функционирования. Но этот метод значительно усложняет структуру исходного графа состояний, что приводит к громоздкости вычислительного процесса.

Искусственное расширение фазового пространства состояний немарковской (эрланговской) системы за счет введения в нее дополнительных (фиктивных) состояний, переводит ее в марковскую. Это позволяет рассматривать выходной немарковский процесс как вложенный в другой, более сложный процесс, но процесс с марковскими свойствами.

Рассмотрим функционирование СМО как объект, на котором осуществляются локализационные работы для ЖД АС при условии, что есть ограничения по длине очереди. Граф состояний такой СМО представлен на рис. 1.

Состояния СМО, показанные на рисунке 1:

S_0 – СМО свободна;

S_{11} – в СМО одно требование, обслуживание в первой фазе;

S_{12} – в СМО одно требование, обслуживание во второй фазе;

.....
 S_{m1} – в СМО m требований, обслуживание в первой фазе, очереди нет;

S_{m2} – в СМО m требований, обслуживание во второй фазе, очереди нет

.....
 $S_{(m+\chi)1}$ – в СМО $(x + \chi)$ требований (m требований обслуживаются, χ находятся в очереди), обслуживание в первой фазе;

$S_{(m+\chi)2}$ – в СМО $(x + \chi)$ требований (m требований обслуживаются, χ находятся в очереди), обслуживание во второй фазе.

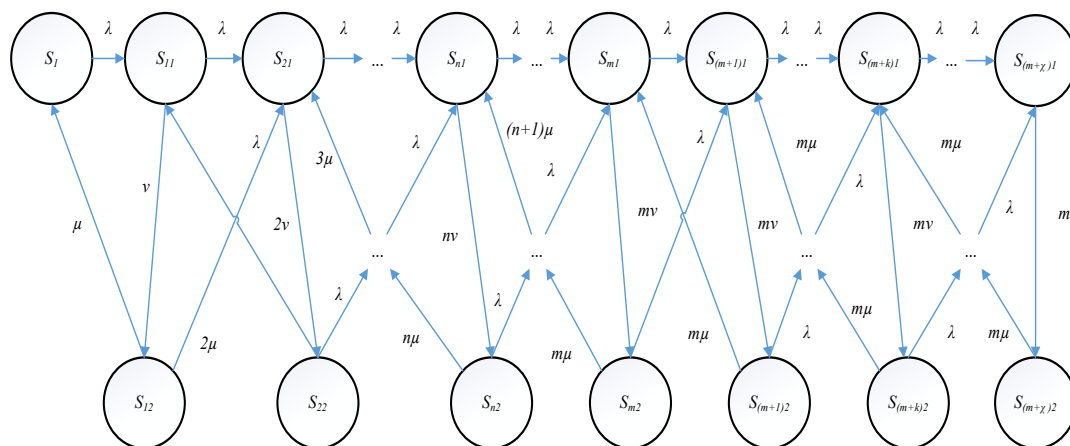


Рисунок 1 – Граф состояний СМО с ограничениями по длине очереди

Алгебраические уравнения для финальных вероятностей состояний системы:

$$\lambda \cdot P_0 = \mu \cdot P_{12};$$

$$(\lambda + \nu) \cdot P_{11} = \lambda \cdot P_0 + 2 \cdot \mu \cdot P_{22};$$

$$(\lambda + \nu) \cdot P_{12} = \nu \cdot P_{11};$$

$$(\lambda + 2 \cdot \nu) \cdot P_{11} = \lambda \cdot (P_{11} + P_{12}) + 3 \cdot \mu \cdot P_{32};$$

$$(\lambda + 2 \cdot \mu) \cdot P_{22} = \nu \cdot P_{21};$$

.....

Или система следующих уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} (\lambda + n \cdot \nu) \cdot P_{n1} &= \lambda(P_{(n-1)1} + P_{(n-1)2}) + (n+1) \cdot \mu \cdot P_{(n+1)2}; \\ (\lambda + n \cdot \mu) \cdot P_{n2} &= n \cdot \nu \cdot P_{n1}; \\ \dots\dots\dots \\ (\lambda + m \cdot \nu) \cdot P_{m1} &= \lambda(P_{(m-1)1} + P_{(m-1)2}) + m \cdot \mu \cdot P_{(m+1)2}; \\ (\lambda + m \cdot \mu) \cdot P_{m2} &= m \cdot \nu \cdot P_{m1}; \\ \dots\dots\dots \\ (\lambda + m \cdot \nu) \cdot P_{k1} &= \lambda(P_{(k-1)1} + P_{(k-1)2}) + m \cdot \mu \cdot P_{(k+1)2}; \\ (\lambda + m \cdot \mu) \cdot P_{k2} &= m \cdot \nu \cdot P_{k1}; \\ \dots\dots\dots \\ m \cdot \nu \cdot P_{(m+\chi)1} &= \lambda(P_{(m+\chi-1)1} + P_{(m+\chi-1)2}); \\ m \cdot \mu \cdot P_{(m+\chi)2} &= m \cdot \nu \cdot P_{(m+\chi)1}; \end{aligned} \right.$$

Нормирующее условие будет выглядеть так:

$$P_o + \sum_{i=1, j=1}^{m+\chi} P_j = 1.$$

Сложность реализации метода псевдо состояний для исследования такой СМО обуславливает объемные формы его математического описания, без которого, к сожалению, невозможно обойтись при исследовании поведения системы. Поэтому ниже приводятся выходные системы уравнений, промежуточные и конечные результаты моделирования процессов функционирования такой СМО.

Решая приведенную выше систему уравнений, получаем такую систему уравнений (2):

$$\begin{aligned} P_{11} &= \frac{\lambda \cdot (\lambda + \mu)}{\mu \cdot \nu} \cdot P_{oe}; \\ P_{12} &= \frac{\lambda}{\mu} \cdot P_{oe}; \\ P_{21} &= \frac{\lambda^2 \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu)}{4 \cdot \mu^2 \cdot \nu^2} \cdot P_{oe}; \\ P_{22} &= \frac{\lambda^2 \cdot (\lambda + \mu + \nu)}{2 \cdot \mu^2 \cdot \nu} \cdot P_{oe}; \\ \dots\dots\dots \\ P_{n1} &= \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \cdot \dots \cdot (\lambda + (n-1)\mu + (n-1)\nu) \cdot (\lambda + \eta \cdot \mu)}{\mu^n \cdot \nu^n \cdot \prod_{i=1}^n i^2} \cdot P_{oe}; \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 P_{n1} &= \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + (n-1)\mu + (n-1)\nu)(\lambda + \eta \cdot \mu)}{\mu^n \cdot \nu^n \cdot \prod_{i=1}^n i^2} \cdot P_{oe}; \\
 P_{n2} &= \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + (n-1)\mu + (n-1)\nu)}{n \cdot \mu^n \cdot \nu^{(n-1)} \cdot \prod_{i=1}^{(n-1)} i^2} \cdot P_{oe}; \\
 P_{m1} &= \frac{\lambda^m \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + (m-1)\mu + (m-1)\nu)(\lambda + m \cdot \mu)}{\mu^m \cdot \nu^m \cdot \prod_{i=1}^m i^2} \cdot P_{oe}; \\
 P_{m2} &= \frac{\lambda^m \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + (m-1)\mu + (m-1)\nu)}{m \cdot \mu^m \cdot \nu^{(m-1)} \cdot \prod_{i=1}^{(m-1)} i^2} \cdot P_{oe}; \\
 &\dots\dots\dots \\
 P_{(m+\chi)1} &= \frac{\lambda^{(m+\chi)} \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + m \cdot \mu + m \cdot \nu)^{\chi-m}}{m \cdot \mu^{\chi-1} \cdot \nu^\chi \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2 \prod_{i=1}^\chi m_i^2} \cdot P_{oe}; \\
 P_{(m+\chi)2} &= \frac{\lambda^{(m+\chi)} \cdot (\lambda + \mu + \nu) \cdot (\lambda + 2\mu + 2\nu) \dots (\lambda + m \cdot \mu + m \cdot \nu)^{\chi-m}}{m \cdot \mu^\chi \cdot \nu^{\chi-1} \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2 \prod_{i=1}^\chi m_i^2} \cdot P_{oe}; \\
 &\dots\dots\dots \\
 P_{oe} &= \left(\begin{aligned} &1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{\lambda \cdot (\lambda + \nu)}{\mu \cdot \nu} + \\ &+ \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + (n-1)\mu + (n-1)\nu) \cdot (\lambda + \eta \cdot \mu)}{\mu^n \cdot \nu^n \cdot \prod_{i=1}^n i^2} + \dots + \\ &+ \frac{\lambda^n \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + (n-1) \cdot \mu + (n-1) \cdot \nu)}{m \cdot \mu^m \cdot \nu^{(m-1)} \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2} + \dots + \\ &+ \frac{\lambda^{(m+\chi)} \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + m \cdot \mu + m \cdot \nu)^{\chi-m}}{m \cdot \mu^\chi \cdot \nu^\chi \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2 \prod_{i=1}^\chi m_i^2} + \dots \\ &+ \frac{\lambda^{(m+\chi)} \cdot (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + \mu + \nu) \dots (\lambda + m \cdot \mu + m \cdot \nu)^{\chi-m}}{m \cdot \mu^\chi \cdot \nu^{\chi-1} \cdot \prod_{i=1}^{m-1} i^2 \prod_{i=1}^\chi m_i^2} \end{aligned} \right)^{-1}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

В ходе исследований была обоснована возможность применения методов теории систем массового обслуживания для формального описания процессов функционирования системы «окружающая среда – аварийный объект – ликвидационные подразделения».

Выводы

Были получены следующие результаты:

Показана возможность применения классических методов теории массового обслуживания и адаптированных вариантов этих методов для обоснования и моделирования различных схем организации проведения аварийно-восстановительных работ структурными подразделениями функциональной подсистемы железнодорожного транспорта, формирования сетевых систем (соединений) таких подразделений, обеспечения их необходимыми ресурсами, прогнозирования и оценки эффективности действий таких подразделений.

Доказано, что существенное уменьшение негативного влияния последствий ЖД АС на окружающую среду возможно при сокращении срока проведения ликвидационных работ, а также при уменьшении времени сосредоточения подразделений и применения сил и средств необходимой производительности. А увеличение времени сосредоточения требует увеличения в разы производительности таких сил и средств.

Список использованных источников

1 **Ефанов, А. В., Оськин, С. В., Ястребов, С. С., Ярош, В. А., & Букреев, А. Г.** Сравнение стационарных и численных решений систем массового обслуживания при решении задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в сельских электрических сетях. Сельский механизатор. – 2019. – (4). – С. 22–24.

2 **Арифуллин, Е. З., Калач, А. В., & Зыбин, Д. Г.** Моделирование действий и оптимизация численности сотрудников учреждения ФСИН России при возникновении чрезвычайной ситуации. Вестник Воронежского института ФСИН России, 2018. – № (2). – С. 33–37.

3 **Каменецкая, Н. В., Медведева, О. М., Хитов, С. Б., & Сильников, М. В.** Методика обоснования резерва запасных частей для работы специальной техники в ходе ликвидации чрезвычайной ситуации. Пожаровзрывобезопасность. – 2019. – № 28(3). – С. 14–20.

4 **Мальцев, А. В., & Дзгоев, А. Р.** Применение теории массового обслуживания при моделировании показателей эффективности системы 112. Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, – 2017. – № 1. – С. 500–503.

5 **Потетюев, Ю. Ф.** Необходимость разработки автоматизированной системы поддержки принятия решений руководителей ликвидации аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте / Ю. Ф. Потетюев, И. Ф. Зиненко, Н. Д. Кацман, С. В.: Юхимчук // VII Международная научно-практическая конференция «Наука и образование 2004» (Днепропетровск, 5,6 сентябре 2004) - С. 65-68.

6 **Юхимчук, С. В.** Функциональные возможности системы поддержки принятия решений руководителем тушения пожара в подвижном составе железнодорожного транспорта / С. В. Юхимчук, Ю. Ф. Потетюев, С. Ю. Потетюев, Ю. В. Поремский, М. Д. Кацман // сб. науч. трудов Международной научной конференции «Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий» (Херсон, 6,7 июнь 2005). – Херсон: Издательство Херсонского морского института, 2005. – Том 2. – С. 163–164.

7 **Тодосейчук, С. П., Самойлов, К. И., & Климачева, Н. Г.** Метод оценки потребности региональных подразделений МЧС России в комплексах аварийно-спасательных средств для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Технологии гражданской безопасности. – 2011. – № 8(3). – С. 26–34.

8 **Рыков, В. В.** Управляемые системы массового обслуживания. Итоги науки и техники. Серия «Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика». – 1975. – № 12(0). – С. 43–153.

9 **Кирпичников А. П., Фадхкал З.** Прикладная теория массового обслуживания // Теория и практика современной науки. – 2014. – С. 15–19.

10 **Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н.** Введение в теорию массового обслуживания. – Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – С. 336.

References

1 **Efanov, A. V., Oskin, S. V., Yastrebov, S. S., Яроғ, V. A., & Bukreev, A. G.** (2019). Sravnenie stacionarnykh i chislennykh rešenii sistem massovogo obslujivaniya pri rešenii zadach likvidatsii posledstviy chrezvychainykh situatsii v selskikh elektricheskikh setyah. Selskii mehanizator, (4), 22–24.

2 **Arifullin, E. Z., Kalach, A. V., & Zybin, D. G.** (2018). Modelirovanie deistvii i optimizatsiya chislennosti sotrudnikov uchrejdeniya FSIN Rossii pri vozniknovenii chrezvychainoi situatsii. Vestnik Voronejskogo instituta FSIN Rossii, (2), 33–37.

3 **Kamenskaya, N. V., Medvedeva, O. M., Hitov, S. B., & Silnikov, M. V.** (2019). Metodika obosnovaniya rezerva zapasnykh chastey dlya raboty spetsialnoi tehniky v hode likvidatsii chrezvychainoi situatsii. Pojarovzryvobezopasnost, 28(3), 14–20.

4 **Malsev, A. V., & Dzgoev, A. R.** (2017). Primenenie teorii massovogo obslujivaniya pri modelirovanii pokazatelei effektivnosti sistemy 112. Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychainykh situatsii, 1, 500–503.

5 **Potetev, Yu. F.** Neobhodimost razrabotki avtomatizirovannoi sistemy podderjki prinyatiya rešenii rukovoditelei likvidatsii avariinykh situatsii na jeleznodorojnom transporte / F. Potetev, I. F. Zinenko, N. D. Kasman, S. V. Himchuk // VII Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferensiya «Nauka i obrazovanie 2004» (Dnepropetrovsk, 5,6 sentyabre 2004) – P. 65–68.

6 **Himchuk, S. V.** Funktsionalnye vozmojnosti sistemy podderjki prinyatiya rešenii rukovoditelem tušeniya pojava v podvijnom sostave jeleznodorojnogo transporta / S. V. Himchuk, . F. Potetev, S. Potetev, V. Poremskii, M. D. Kasman // sb. nauk. trudov Mejdunarodnoi nauchnoi konferensii «İntellektualnye sistemy prinyatiya rešenii

i prikladnye aspekty informacionnyh tehnologii» (Herson, 6,7 in 2005). – Herson : Izdatelstvo Hersonskogo morskogo instituta, 2005. – Tom 2. – P. 163–164.

7 **Todoseichuk, S. P., Samoilov, K. I., & Klimacheva, N. G.** (2011). Metod osenki potrebnosti regionalnyh podrazdelenii MChS Rossii v kompleksah avariino-spasatelnyh sredstv dlya likvidatsii posledstviy chrezvychainykh situatsii. Tehnologii grajdanskoj bezopasnosti, 8(3). 26–34.

8 **Rykov, V. V.** (1975). Upravlyemye sistemy massovogo obslujivaniya. Itogi nauki i tehniki. Seriya «Teoriya veroyatnostei. Matematicheskaya statistika. Teoreticheskaya kibernetika», 12(0), 43–153.

9 **Kirpichnikov, A. P., Fadhkal, Z.** Prikladnaya teoriya massovogo obslujivaniya // Teoriya i praktika sovremennoy nauki. – 2014. – P. 15–19.

10 **Gnedenko, B. V., Kovalenko, I. N.** Vvedenie v teoriyu massovogo obslujivaniya. – Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1987. – P. 336.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

**М. Қ. Шалабаева¹, А. К. Абуова²*

Қазақ қатынас жолдары университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

«ҚОРШАҒАН ОРТА-АПАТТЫ ЖАҒДАЙ ОБЪЕКТІСІ» ЖҮЙЕСІНІҢ ҚАУІПСІЗ ЖАҒДАЙЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ МОДЕЛІ

Мақалада жаппай қызмет көрсету теориясының классикалық әдістерін және осындай қондырғылардың желілік жүйелерін (байланыстарын) құра отырып, теміржол көлігінің функционалды ішкі жүйесінің құрылымдық бөлімшелері апаттық-қалпына келтіру жұмыстарын ұйымдастырудың әртүрлі схемаларын негіздеу және модельдеу үшін осы әдістердің бейімделген нұсқаларын пайдалану мүмкіндігі көрсетілген, оларды қажетті ресурстармен қамтамасыз ету, осындай бөлімшелердің әрекеттерінің тиімділігін болжау және бағалау.

Теміржол апаттарының қоршаған ортаға теріс әсерінің айтарлықтай төмендеуі жою жұмыстары кезеңінің қысқаруымен, сондай-ақ қондырғылардың шоғырлану уақыты мен пайдалану уақытының қысқаруымен мүмкін болатындығы дәлелденді. қажетті өнімділіктің күштері мен құралдары. Ал шоғырлану уақытының ұлғаюы осындай күштер мен құралдардың өнімділігін арттыруды қажет етеді.

Кілтті сөздер: қоршаған орта, темір жол көлігі, қауіпті жүктер, апаттар, апаттық жағдайлар.

**M. Shalabayeva¹, A. Abuova²*

Kazakh University of Ways of Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 15.06.21.

**MODEL OF THE PROCESSES OF RESTORING THE SAFE STATE
OF THE «ENVIRONMENTAL-EMERGENCY OBJECT» SYSTEM**

The article shows the possibility of using classical methods of the queuing theory and adapted versions of these methods for substantiating and modeling various schemes for organizing emergency recovery operations by structural units of the functional subsystem of railway transport, forming network systems (connections) of such units, providing them with the necessary resources, forecasting and evaluating the effectiveness of the actions of such units.

It has been proved that a significant reduction in the negative impact of the consequences of railway accidents on the environment is possible with a reduction in the period of liquidation works, as well as with a reduction in the time for concentration of units and the use of forces and means of the required productivity. And an increase in the time of concentration requires an increase in the productivity of such forces and means.

Keywords: environment, Railway transport, dangerous goods, accidents, emergency situations

***О. Т. Балабаев¹, Б. Ш. Аскароев², Г. Арынеазы³,
С. Е. Қайырбеков⁴, А. А. Ахаев⁵**

^{1,2,3,4,5}Карагандинский технический университет,
Республика Казахстан, г. Караганда

АНАЛИЗ ВАГОНОПОТОКОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ «ҚАРАҒАНДЫ-СҰРЫПТАУ»

В статье представлены результаты научно-исследовательских работ, выполненных в области магистрального железнодорожного транспорта. Исследована работа железнодорожного транспорта в условиях станции «Қарағанды-Сұрыптау». Проведенный анализ основных показателей (вагонооборот, простой транзитного вагона с переработкой, простой транзитного вагона без переработки, простой вагона под грузовыми операциями) работы станции «Қарағанды-Сұрыптау». Анализ проведен с использованием научной методики по прогнозированию изменений основных показателей железнодорожных станций на перспективу. Прогноз осуществлен путем аппроксимации основных показателей в функции времени. По результатам расчета получены аппроксимирующие функции и графики изменений основных показателей работы станции «Қарағанды-Сұрыптау» на перспективу. Рассмотрены основные мероприятия по совершенствованию работы станции «Қарағанды-Сұрыптау».

Ключевые слова: магистральный железнодорожный транспорт, железнодорожная станция, пути для формирования поездов, вагонооборот, простой вагонов, аппроксимация, прогнозирование.

Введение

Станция «Қарағанды-Сұрыптау», расположена на главном железнодорожном «меридиане», связывающем север и юг Казахстана, осуществляя переработку вагонопотоков на данном направлении. Станция также обслуживает крупнейший Карагандинский промышленный регион – это предприятия угольной, металлургической промышленности, строительной индустрии и др. Станция «Қарағанды-Сұрыптау» является внеклассной станцией протяженностью 9 километров, получила соответствующее путевое развитие и техническую оснащенность: станция двухкомплектная (комплект: парк прибытия – сортировочный – парк отправления), имеет 2 механизированные сортировочные горки большой мощности. Схема расположения парков станции позволяет производить переработку четного и нечетного направлений поточно без лишних угловых маневровых передвижений. Помимо вышеуказанных объектов, для технической работы с южной стороны расположены 3 парка для грузовой работы – обгонный пункт 713 км, парк очистки вагонов, парк подготовки полувагонов

под погрузку угля. На территории станции расположены: локомотивные ремонтное и эксплуатационное депо; вагонное ремонтное депо; пути механизированного вагонного ремонтного пункта; пути эксплуатационного вагонного депо; машинный двор дистанции пути; пожарный и восстановительный поезда. Станция обслуживает подъездные пути 9 предприятий и организаций, в том числе таких крупных ветвевладельцев, как ТЭЦ-3, ТОО «Қарағанды–Жылу» и Карагандинское погрузочно-транспортное управление УД АО «АрселорМиттал Темиртау» [1, 2]. На станции «Қарағанды-Сұрыптау», ежегодно растут вагонопотоки, в связи с чем разработка мероприятий по совершенствованию работы станции является актуальной задачей.

Материалы и методы

Для разработки направлений совершенствования основных показателей работы железнодорожного транспорта необходимо произвести прогнозирование основных показателей работы станции «Қарағанды-Сұрыптау».

Прогнозирование показателей работы станции «Қарағанды-Сұрыптау» проводилось для следующих основных показателей: вагонооборот; простой транзитного вагона с переработкой; простой транзитного вагона без переработки; простой вагона под грузовыми операциями. Аппроксимируя зависимости основных показателей работы предприятия от времени, предполагает, что имеется экспоненциальная зависимость вида

$$y = ae^{bx} \quad (1)$$

Для определения аппроксимирующих функций, рассчитывающих показатели работы (вагонооборот, простой транзитного вагона с переработкой, простой транзитного вагона без переработки, простой вагона под грузовыми операциями) станции «Қарағанды-Сұрыптау» предварительно собраны исходные данные [3], которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для прогноза

Показателей работы	Вагонооборот // Простой транзитного вагона с переработкой // Простой транзитного вагона без переработки // Простой вагона под грузовыми операциями			
	2017	2018	2019	2020
Условные года, x	0	1	2	3
Значение показателей, у	2690050//14,25//1,37//21,32	2868900//15,16//1,77//22,65	2928030//15,48//1,97//23	2870360//15,14//1,67//22,83
Значение натурального логарифма показателя Y	14,805//2,657//0,315//3,060	14,869//2,719//0,571//3,120	14,890//2,740//0,678//3,135	14,8701//2,717//0,513//3,128

Значения коэффициентов системы уравнений для расчета параметров аппроксимирующей функции определены по следующим формулам [4, 5]:

$$\begin{aligned} \sum x_i &= 6; \sum x_i^2 = 14; \\ \sum x_i^B y_i^2 &= 89,259 // \sum x_i^{Tc} y_i^2 = 16,350 // \sum x_i^{T6ez} y_i^2 = 3,466 // \sum x_i^{Prp} y_i^2 = \\ &18,775; \\ \sum y_i^B &= 59,434 // \sum y_i^{Tc} = 10,832 // \sum y_i^{T6ez} = 2,077 // \sum y_i^{Prp} = \\ &12,443. \end{aligned}$$

Для решения системы линейных уравнений используем метод Крамера [4-6]:
– при количестве двух неизвестных, система линейных уравнений примет вид

$$\begin{cases} 14 \cdot b + 6 \cdot a_1 = 89,259 \\ 6 \cdot b + 4 \cdot a_1 = 59,434 \end{cases} // \begin{cases} 14 \cdot b + 6 \cdot a_1 = 16,350 \\ 6 \cdot b + 4 \cdot a_1 = 10,832 \end{cases} // \begin{cases} 14 \cdot b + 6 \cdot a_1 = 3,466 \\ 6 \cdot b + 4 \cdot a_1 = 2,077 \end{cases} // \begin{cases} 14 \cdot b + 6 \cdot a_1 = 18,775 \\ 6 \cdot b + 4 \cdot a_1 = 12,443 \end{cases}$$

– главный определитель матрицы

$$\Delta = \begin{vmatrix} 14 & 6 \\ 6 & 4 \end{vmatrix} = 20;$$

– вспомогательные определители матрицы

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \begin{vmatrix} 89,259 & 6 \\ 59,434 & 4 \end{vmatrix} = 0,430 // \Delta_1 = \begin{vmatrix} 16,350 & 6 \\ 10,832 & 4 \end{vmatrix} = 0,405 // \\ \Delta_1 &= \begin{vmatrix} 3,466 & 3,466 \\ 2,077 & 2,077 \end{vmatrix} = 1,402 // \Delta_1 = \begin{vmatrix} 18,775 & 6 \\ 12,443 & 4 \end{vmatrix} = 0,441; \\ \Delta_2 &= \begin{vmatrix} 14 & 89,259 \\ 6 & 59,434 \end{vmatrix} = 296,526 // \Delta_2 = \begin{vmatrix} 14 & 16,350 \\ 6 & 10,832 \end{vmatrix} = 53,554 // \\ \Delta_2 &= \begin{vmatrix} 14 & 3,466 \\ 6 & 2,077 \end{vmatrix} = 8,280 // \Delta_2 = \begin{vmatrix} 14 & 18,775 \\ 6 & 12,443 \end{vmatrix} = 61,555; \end{aligned}$$

– коэффициенты аппроксимирующей функции

$$b = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,022 // b = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,020 //$$

$$b = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,070 // b = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,022;$$

$$a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 14,826 // a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 2,678 //$$

$$a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 0,414 // a_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 3,078;$$

$$a = e^{a_1} = 2747823 // a = e^{a_1} = 15 //$$

$$a = e^{a_1} = 2 // a = e^{a_1} = 22.$$

Подставляя расчетные данные в формулу (1) получим аппроксимирующие функции для определения прогнозируемых значений:

– «Вагонооборот»

$$U_{\text{ваг.}} = 2747823 \cdot e^{0,022 \cdot (T-2017)}; \quad (2)$$

– «Простой транзитного вагона с переработкой»

$$t_{\text{с пр.}}^{\text{тр.ваг.}} = 15 \cdot e^{0,020 \cdot (T-2017)}; \quad (3)$$

– «Простой транзитного вагона без переработки»

$$t_{\text{без пр.}}^{\text{тр.ваг.}} = 2 \cdot e^{0,070 \cdot (T-2017)}; \quad (4)$$

– «Простой вагона под грузовыми операциями»

$$t_{\text{гр.опер.}}^{\text{ваг.}} = 22 \cdot e^{0,022 \cdot (T-2017)}. \quad (5)$$

Используя формулы (2)-(5) построим графики фактических значений показателей (вагонооборот, простой транзитного вагона с переработкой, простой транзитного вагона без переработки, простой вагона под грузовыми операциями) работы станции «Қарағанды-Сұрыптау» и прогнозируемые значения аппроксимирующих функций, которые показаны на рисунке 1.

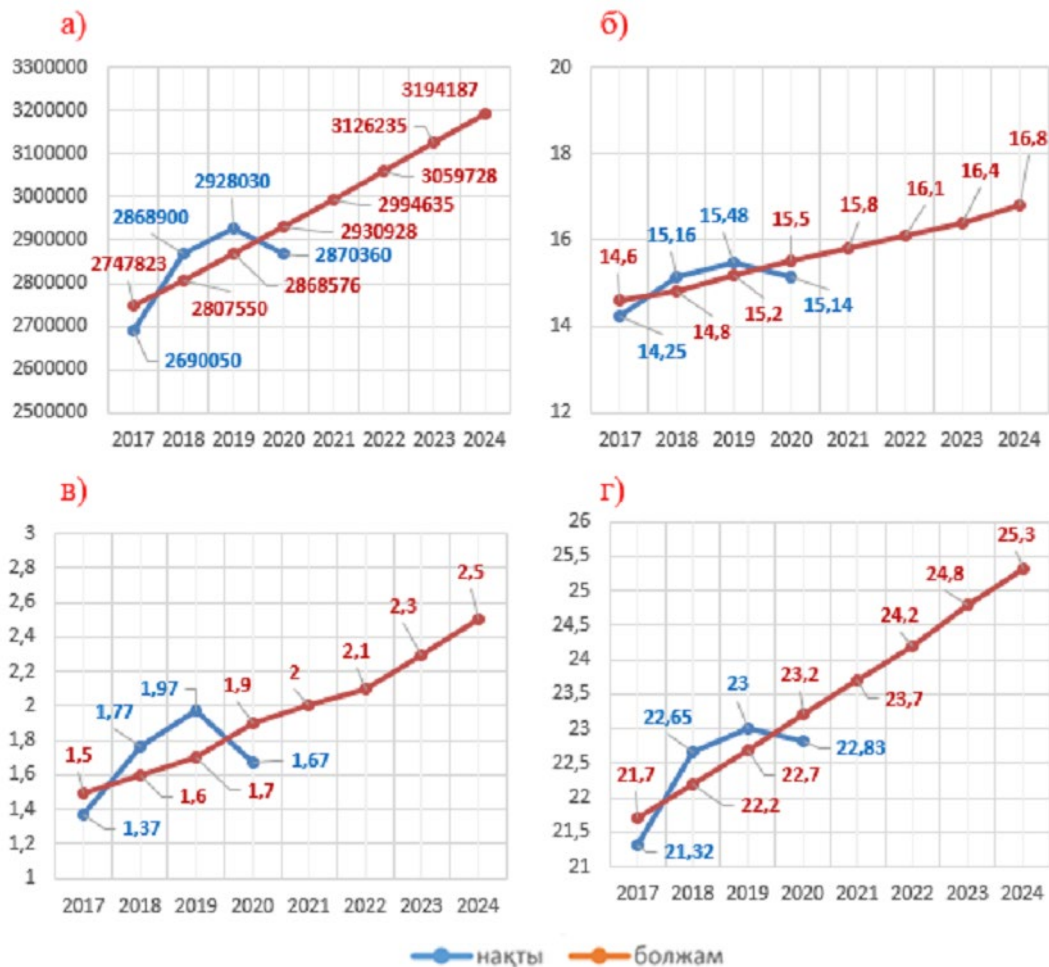
Результаты и обсуждение

Проведенный анализ основных показателей (вагонооборот, простой транзитного вагона с переработкой, простой транзитного вагона без переработки, простой вагона под грузовыми операциями) работы станции «Қарағанды-Сұрыптау». Анализ проведен с использованием научной методики по прогнозированию изменений основных показателей работы железнодорожной станции на перспективу, прогноз осуществлен путем аппроксимации основных показателей в функции времени. Для каждого прогнозируемого показателя определены формулы аппроксимирующей функции. По результатам расчета получены аппроксимирующие функции и графики изменений основных показателей работы станции «Қарағанды-Сұрыптау» на перспективу: аппроксимация вагонооборота (формула 2, рисунок 1, а); аппроксимация простоя транзитного вагона с переработкой (формула 3, рисунок 1, б); аппроксимация простоя транзитного вагона без переработки (формула 4, рисунок 1, в); аппроксимация времени простоя вагона под грузовыми операциями (формула 5, рисунок 1, г).

Сегодня на магистральном железнодорожном транспорте все больше внимания уделяется эффективности управления движением поездов, а именно эффективной организации вагонопотоков. Для достижения оптимальных параметров работы железнодорожных станций необходимо одновременное проведение согласованных

мероприятий по всем сторонам, входящим в рассматриваемый транспортный комплекс [7-10].

Для достижения оптимальных параметров работы сортировочной станции необходимо одновременное проведение согласованных мероприятий по всем направлениям станции. В связи, с чем для совершенствования работы станции «Караганда-Сортировочная» предлагается [2]:



а) аппроксимация вагонооборота; б) аппроксимация простоя транзитного вагона с переработкой; в) аппроксимация простоя транзитного вагона без переработки; г) аппроксимация простоя вагона под грузовыми операциями

Рисунок 1 – Прогнозируемые значения аппроксимирующих функций

– повысить эффективность взаимодействия станционных процессов; отдельные паркы станции тесно взаимодействуют в своей работе с прилегающими участками и друг с другом, с целью обеспечения технологии работы сортировочной станции, обеспечивающей наименьший простой вагона, необходима увязка технологии с выполнением условий бесперебойного взаимодействия станционных подсистем; путем исследования взаимодействия станционных процессов между собой и с

прилегающими участками можно установить зависимости и наиболее выгодные соотношения между основными технологическими параметрами (число бригад ПТО вагонов и число групп в бригаде в парках станции, число маневровых локомотивов на горке и на вытяжных путях), рассчитать и наметить меры по сокращению межоперационных простоев вагона, определить необходимое количество обслуживающих устройств и путей в парках станции;

– разработка оптимального режима работы сортировочной станции; в связи тем, что сортировочная станция является сложной транспортной системой, в которой переменные, характеризующие техническое оснащение и технологию работы, зависят друг от друга, то при расчете технических устройств целесообразно ее рассматривать, не разрушая ее целостности и не разрывая связей между системами; действительно, продолжительность технического осмотра составов по прибытию, зависящая от числа групп осмотровиков в бригаде, и величина горочного интервала определяют потребное число путей в парке приема; величина горочного интервала зависит от распределения работы по окончанию формирования поездов между вытяжками формирования и горкой, т.е. от времени, в течение которого горка будет занята окончанием формирования поездов; а это время зависит от числа вытяжек формирования и маневровых локомотивов, которые определяют простой вагонов в ожидании окончания формирования и потребное число сортировочных путей; число бригад и групп технических осмотровиков в парке отправления, резерв поездных локомотивов, число ниток в графике движения для отправления поездов на участки влияют на число путей в парке отправления, а последние – напростой сформированных поездов в ожидании вывода из сортировочного парка; для размещения этих составов необходима дополнительная емкость путей сортировочного парка.

Выводы

Таким образом, изменение параметров технического оснащения и технологии работы какой-либо системе влечет за собой изменение условий работы других систем. Установить оптимальное соотношение параметров технического оснащения станции и технологии ее работы – значит найти такие значения переменных, при которых затраты, связанные с обработкой, расформированием и формированием поездов, будут минимальными, что позволит повысить технико-экономические показатели станции «Караганда-Сортировочная». Представленные результаты теоретических исследований, имеют прикладное значение, и будут интересны для научных и инженерно-технических работников, занимающихся исследования в области магистрального железнодорожного транспорта.

Список использованных источников

- 1 Техническо-распорядительный акт станции «Қарағанды-Сұрыптау».
- 2 Балабаев, О. Т., Суюнбаев, Ш. М., Қайырбеков, С. Е. «Қарағанды-Сұрыптау» станция жұмысын жетілдіру // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлттық жоспарды жүзеге асырудың негізі» атты Халықаралық

ғылыми-практикалық конференциясына (№12 Сағынов оқулары). – Қарағанды : ҚарМТУ, 2020. – Б. 104.

3 Отчет по исследовательской практике. – Караганда : КарТУ, 2020. – 25 с.

4 **Балабаев, О. Т., Аскаров, Б. Ш., Арынғазы, Г.** «Қарағанды-Сұрыптау» бекетінде жергілікті вагон ағынының жұмысын зерттеу және жетілдіру. Авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге, құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы КҮӘЛІК № 17676 18.05.2021.

4 **Варашев, В. Н., Осипов, Ю. В., Сафина, Г. Л., Рогачева, Н. Н.** Вычислительные методы математического анализа. – М. : Учебное электронное издание, 2017. – 512 с.

5 Решение систем линейных уравнений методом Крамера [Электронный ресурс], – Режим доступа: <https://ru.onlinschool.com/math/assistance/equation/kramer/> (Өтініш берген күні: 05.05.2021).

6 **Шабельников, А. Н.** Совершенствование технологии работы сортировочных станций // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 2. – С. 2–4.

7 **Левин, Д. Ю.** Пути совершенствования работы сортировочных станций // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 8. – С. 26–33.

8 **Казакова, А. А.** Совершенствование технологии работы сортировочных станций // Труды 78-й студенческой научно-практической конференции РГУПС. – Воронеж : РГУПС, 2019. – С. 58–59.

9 **Соляник, В. В.** Совершенствование долгосрочного планирования работы сортировочной станции // Бюллетень транспортной информации. – 2019. – № 5. – С. 18–22.

References

1 Tekhnicheskoe-rasporyaditel'nyj akt stancii «Qaragandy-Suryptau».

2 **Balabaev, O. T., Suyunbaev, Sh. M., Kajyrbekov, S. E.** «Qaragandy-Suryptau» stantsiua jumysyn jetildirý // «Gylym, bilim jáne óndiris integratsiiasy - Ultyq jospardy júzege asyrdyń negizi» atty Halyqaralyq gylymi-praktikalıyq konferentsiiasyna (№12 Saǵynov oqylary). – Qaragandy : QarMTY, 2020. – P. 104.

3 Otchet po issledovatel'skoj praktike. – Karaganda : KarTU, 2020. – 25 p.

4 **Balabaev, O. T., Askarov, B. Sh., Arynǵazy, G.** «Qaragandy-Suryptau» beketinde jergilikti vagon aǵynynyń jumysyn zertteý jáne jetildirý. Avtorlyq ququqpen qorǵalatyn obektilerge, ququqtardyń memlekettik tizilimine málimetterdi engizý týraly KÝÁLIK № 17676 18.05.2021.

5 **Varashev, V. N., Osipov, Yu. V., Safina, G. L., Rogacheva, N. N.** Vychislitel'nye metody matematicheskogo analiza. – Moscow : Uchebnoe elektronnoe izdanie, 2017. – 512 p.

6 Reshenie sistem linejnyh uravnenij metodom Kramera [Elektronic resource], – <https://ru.onlinschool.com/math/assistance/equation/kramer/> (Ötinish bergен күні: Acces date 05.05.2021).

7 **Shabel'nikov, A. N.** Sovershenstvovanie tekhnologii raboty sortirovochnyh stancij // Avtomatika, svyaz', informatika. – 2011. – № 2. – P. 2–4.

8 **Levin, D. Yu.** Puti sovershenstvovaniya raboty sortirovochnyh stancij // ZHeleznodorozhnyj transport. – 2015. – № 8. – P. 26–33.

9 **Kazakova, A. A.** Sovershenstvovanie tekhnologii raboty sortirovochnyh stancij // Trudy 78-j studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii RGUPS. – Voronezh : RGUPS, 2019. – S. 58–59.

10 **Solyanik, V. V.** Sovershenstvovanie dolgosrochnogo planirovaniya raboty sortirovochnoj stancii // Byulleten' transportnoj informacii. – 2019. – № 5. – P. 18–22.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

***О. Т. Балабаев¹, Б. Ш. Аскаргов², Г. Арынгазы³, С. Е. Қайырбеков⁴, А. А. Ахаев⁵**
^{1,2,3,4,5}Қарағанды техникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.
Материал 15.06.21 баспаға түсті.

«ҚАРАҒАНДЫ-СҰРЫПТАУ» ТЕМІРЖОЛ СТАНЦИЯСЫНДАҒЫ ВАГОН АҒЫНЫН ТАЛДАУ

Мақалада магистральдық теміржол көлігі саласында орындалған ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелері ұсынылған. «Қарағанды-Сұрыптау» станциясы жағдайында теміржол көлігінің жұмысы зерттелді. «Қарағанды-Сұрыптау» станциясы жұмысының негізгі көрсеткіштеріне (вагон айналымы, қайта өңдеумен қарапайым транзиттік вагон, қайта өңдеусіз қарапайым транзиттік вагон, жүк операцияларымен қарапайым вагон) жүргізілген талдау. Талдау темір жол станцияларының перспективаға арналған негізгі көрсеткіштерінің өзгерістерін болжау жөніндегі ғылыми әдістемені пайдалана отырып жүргізілді. Болжам уақыт функциясындағы негізгі көрсеткіштерді жуықтау арқылы жүзеге асырылды. Есептеу нәтижелері бойынша «Қарағанды-Сұрыптау» станциясы жұмысының негізгі көрсеткіштерінің перспективаға арналған жуықтау функциялары мен өзгерістер кестелері алынды. «Қарағанды-Сұрыптау» станциясының жұмысын жетілдіру бойынша негізгі іс-шаралар қаралды.

Кілтті сөздер: магистральдық теміржол көлігі, теміржол станциясы, пойыздарды қалыптастыру жолдары, вагон айналымы, қарапайым вагондар, жақындастыру, болжау.

***О. Т. Balabaev¹, B. Sh. Askarov², G. Aryngazy³, S. E. Kairbekov⁴, A. A. Akhaev⁵**
^{1,2,3,4,5}Karaganda Technical University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda.
Material received on 15.06.21.

**ANALYSIS OF CARRIAGE FLOWS AT THE RAILWAY STATION
«KAGANDY-SURYPTAU»**

The article presents the results of research works carried out in the field of mainline railway transport. The work of railway transport in the conditions of the station «Karaganda-Suryptau» is studied. The analysis of the main indicators (car turnover, simple transit car with processing, simple transit car without processing, simple car under cargo operations) of the work of the station «Karaganda-Suryptau». The analysis was carried out using a scientific methodology for predicting changes in the main indicators of railway stations in the future. The forecast is made by approximating the main indicators in a function of time. According to the results of the calculation, approximating functions and graphs of changes in the main indicators of the operation of the station «Karaganda-Suryptau» for the future are obtained. The main measures to improve the operation of the station «Kagandy-Suryptau» are considered.

Keywords: mainline railway transport, railway station, tracks for the formation of trains, car turnover, simple cars, approximation, forecasting.

***A. A Sakhiyev¹, A. Dahham²**

¹Samgau LLP,

Republic of Kazakhstan, Kyzylorda;

²Automobile Trading & Service LTD,

Iraq, Baghdad

DEVELOPMENT OF A WINTER ALL-WEATHER SAFETY TIRE MODEL

In the conditions of a constant increase in the speed and intensity of motor transport, it is of particular importance to ensure its active safety on roads of different categories, including those with a layer of snow and ice mass on the surface, which significantly reduces the coupling properties of the car – the main factor in guaranteeing its stable controlled movement.

In this regard, carrying out works aimed at improving the reliability of the wheel's grip with the road is of great importance, and taking into account the change in the temperature regime and the condition of the road surface, it often requires an extraordinary approach to solving this problem.

In this regard, a conceptual model of a winter all-weather safe car tire has been developed to ensure the safety of driving a car in extreme winter conditions, increase the reliability of the tire and anti-skid spikes, improve the resource saving of the road network.

Keywords: traffic safety, car tire, road surface, traffic accident.

Introduction

The safety of road transport will always remain an urgent task, as it is associated with the death and injury of people, estimated in the tens of thousands killed and hundreds of thousands injured and disabled. Thus, in 2018, 18,214 people were killed and 214,853 injured in road accidents in our country, and in the first four months of 2019, 4,000 people were killed and 54,847 people were injured [1].

According to statistics, slippery surfaces and poor road maintenance in winter are among the top three causes of road accidents related to road conditions [2]. As traffic increases, this problem becomes more acute, becoming particularly important in extreme winter operating conditions, characterized by the presence of frozen precipitation on the road surface and limited visibility, and requiring increased vigilance from drivers and strictly controlled speed limits.

In these conditions, the wheel's grip on the road becomes of paramount importance among other traffic safety factors [3], since it determines the implementation of traction capabilities, stability, handling and, most importantly, the braking dynamics of the car as the most common cause of accidents.

When developing design measures aimed at ensuring traffic safety, one of the fundamental factors is the reliable grip of the wheel on the road, at least minimizing the risk of loss of control of traffic in high-speed traffic, especially on urban roads. The study of the coupling properties of tires with support surfaces is devoted to a lot of work, in particular.

When developing the concept of a winter tire, the main requirement that others should be subject to is safety, especially in conditions where the road, covered with a layer of melting ice, has almost zero coefficient of traction. The most reliable means of eliminating the sliding of the tire are anti-skid spikes (SHP), the lack of an alternative to which is confirmed by the practice of operation and the results of the experiments listed below.

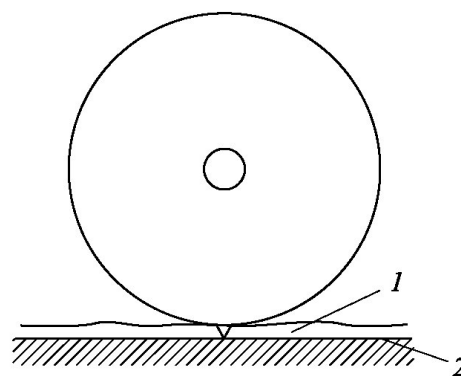
In order to determine the effectiveness of studded tires on snow-covered, icy and clean asphalt roads, we conducted tests on Autopoligon by US. To do this, on the dynamometer road (straight in plan, horizontal), sections were prepared that were covered with rolled snow, a layer of ice and free of snow-ice layer (clean). The tests involved winter tires and non-studded tires.

On a road covered with an ice layer, studded tires provided qualitatively better results in all driving modes, including acceleration, uniform movement and braking with different intensity. On the section with rolled snow, studded and non-studded tires showed almost the same results, since the nature of the grip determined the tread pattern, the presence of spikes did not manifest itself in any way. In the clean section, the performance of non-studded tires was better than that of studded tires, since the coefficient of adhesion of hard-alloy spikes is slightly less than that of rubber.

These tests allowed us to conclude that studded tires are absolutely effective on an icy surface, that spikes are useless on areas covered with rolled snow, and that they perform slightly worse on a clean road.

If we consider the interaction of the tire with the road surface covered with a layer of melting ice, schematically shown in Figure 1, it becomes clear that almost all measures, including the tread pattern, the composition of its rubber compound and the so-called sticky tread, are powerless if a water film has formed between the tire and the ice surface.

In order to ensure the wheel's grip on the road under these conditions, it is necessary to overcome the water layer and introduce a rigid body into the road surface, which is achieved by using the SHP. An attempt to get by with the "stickiness" of the tread without spikes is doomed to bad luck in advance. This is clear to every specialist, and is designed for amateurs as a promotional move.



1 – water film; 2 – ice

Figure 1 – Interaction of the tire with the road surface covered with a layer of melting ice

However, as effective as they are on an icy surface, they are also useless and even harmful on a clear road. This is due to several reasons, including the damage that is caused to the tire itself in terms of intense wear, loosening and falling out of the spikes and, as a result, loss of their performance. But no less damage is caused to the road [4–10]: its surface experiences concentric impacts of carbide spikes and becomes unusable.

In some European countries with a milder climate than in Russia, the use of SHP is prohibited in order to save resources on the road network. At the same time, in the Scandinavian countries – the birthplace of such spikes, as in Russia, SHP is recommended for winter operation. Currently, in order to minimize the damage caused by spikes on the road network, work is being carried out to determine the minimum number of spikes allowed under safety conditions. In our opinion, this activity has no prospects, since the expected gain in resource-saving roads cannot be sacrificed for safety.

Thus, when developing the concept of a safe tire, the studded tire should be the basis, which effectively solves the problem of safety on icy roads. As for the period when the road is free of ice cover, the spikes should be turned off from interaction with its surface. Therefore, the problem consists of two opposite conditions, which at first glance excludes the traditional solution.

Materials and methods

To successfully solve this problem, it is necessary to find a mechanism for adapting the tire to road conditions. This mechanism was suggested by the tire itself, which is an elastic pneumatic shell. When interacting with a rigid reference plane, this shell changes the position of the resultant force, redistributing its position between the center when the stiffness increases and the periphery when this parameter decreases, while increasing the contact area.

This position, which is widely known to specialists, is used for variable pressure tires. In particular, when overcoming difficult sections, the internal pressure in the tire decreases, as a result of which its support area becomes larger, the stiffness of the central part of the treadmill decreases, and the stiffness of the extreme contact zones of the tire increases, where the resultant contact force shifts. At the same time, the softer

central part of the tire deforms the track to a lesser extent, and the harder contacting part at the edges prevents the dirt from being squeezed out from under the wheels, which contributes to increased cross-country ability.

Therefore, by adjusting the internal air pressure in the tire and thus varying its stiffness, it is possible to concentrate the resultant contact forces either in the center with a slight increase in this pressure, or on the periphery of the treadmill with a decrease in this parameter.

It is this property that was the basis for the creation of a conceptual model of a winter all-weather safe car wheel tire. Then, placing the SPS where they are most effective, you can create a mechanism for adapting the tire to road conditions. The spikes will either be turned on when there is an ice layer on the road, lowering the air pressure in the tire by 0.01...0.02 MPa, or they will be turned off if the road is dry, by increasing this pressure by the specified value.

Tires of the radial design 205/55R16 were carried out at the Yaroslavl Tire Plant under the leadership of Yu. V. Kremlev with the help of a special laboratory installation of XSENSOR Technology Corporation. The experiments were performed in the range of internal pressure in the tire $p_{vn} = 50...300$ kPa in increments of 50 kPa with a load of $P = 6.7$ and 5.0 kN, which corresponds to the full and curb weight of the car per wheel. The obtained pressure distributions in the contact of the 205/55R16 tire with the support base.

The analysis of the obtained results showed that the variation of the load P does not significantly affect the nature of the change in the contact area, which, as expected, increases slightly with increasing load. At the same time, the influence of the internal air pressure in the tire increases significantly due to changes in the length of the contact area, increasing for every 50 kPa, the air pressure decreases by about 15.20 %.

The use of the XSENSOR system for tire testing, based on the principle of color identification of the measured pressure in the tire contact, did not allow us to obtain an accurate quantitative value of this parameter. Nevertheless, the results of the experiment make it possible to fairly accurately assess the qualitative picture of the pressure distribution in the contact, as well as to confirm the fact of the redistribution of contact forces depending on the internal air pressure in the tire, concentrating their resultant either in the central part of the contact area when the air pressure increases, or on the periphery when it decreases.

The decrease in air pressure in the tire is accompanied by an increase in the contact area, which should be considered as a positive factor contributing to an increase in the coupling area of the tire, the number of spikes engaged with the road, and therefore the total coupling force of the wheel. According to the results of the experiment, these patterns appear both at maximum load and at partial load, asserting the invariance of the properties of the tire to redistribute the specific forces in the contact of the tire between the central and peripheral sections of the treadmill, regardless of the load on the wheel.

In addition, the data obtained allow us to recommend reducing the internal air pressure in tires when operating on slippery winter roads, thereby increasing their traction capabilities and driving safety.

The results of computer studies of the tire of the radial design 175/70R13, conducted under the guidance of Professor S. L. Sokolov. Here is the distribution of the contact pressure over the width of the tire footprint 175/70R13 at an internal pressure $p_{vn} = 0.25$ and 0.40 MPa and the load on the wheel corresponding to the total weight of the car.

As shown by the analysis of curve 1, at an internal pressure of $p_{vn} = 0.25$ MPa, the distribution of contact pressure over the width of the tire footprint is more or less uniform, including in the extreme zones of the tread that carry the SHP. With an increase in the internal air pressure in the tire, there is an increase in the contact pressure in the middle part of the treadmill and its significant decrease (almost to zero) in the extreme zones, completely freeing them from contact with the support surface.

The analysis of the research results clearly confirmed the inherent property of all elastic pneumatic shells of tires to distribute the contact pressure along the reference plane, depending on the stiffness. By adjusting the stiffness by changing the internal pressure, you can purposefully focus the interaction forces either in the center of the treadmill (at high pressure), or in its extreme zones (at low pressure), which opens up the possibility of developing the concept of an all-weather winter tire adaptable to road conditions.

Results and discussion

The conducted research cycle allows us to form a conceptual model of an all-weather safe tire that can adapt to various road conditions, ensuring the implementation of optimal driving characteristics of a mobile car. This tire will have advantages over its analogues both on roads covered with a snow-ice layer (due to spikes) and on clean roads (due to the ability to interact with the road surface with the part of the treadmill on which there are no SPS).

The tool for adapting the tire to the condition of the road surface allows you to either use the spikes or disable them from engaging by adjusting the internal air pressure in the tire. In this regard, the question arises, how can the change in the internal environment be reflected.

An increase in the internal air pressure in the tire, which is recommended to be resorted to to remove the SHP from operation, leads to an increase in the stiffness of the tire and a reduction in the area of the treadmill, which should negatively affect the intensity of tire wear and reduce its resource. It can be assumed that this will also not have a significant negative impact according to the reasoning outlined earlier. At the same time, it is expected that as a result of a decrease in the intensity of the deformation mode, at least, the rolling resistance value will not change.

When assessing the effect of increased tire stiffness on the vibration-acoustic mode of a mobile car, it is also necessary to take into account the quantitative aspect. As is known, at high vehicle speed, it is recommended to increase the internal air pressure in the tires to reduce the intensity of heating of ordinary summer tires, and, accordingly, the intensity of deformations from the increased dynamic background.

Conclusions

All the above considerations are based on a logical premise and are justified by the accumulated experience of operation, as well as the laws of mechanics. In order

to get an accurate idea of the working process of the proposed winter all-weather safe pneumatic tire, it is necessary to carry out the next stage of development of this project, experimenting on real models. This will allow you to clarify some of the provisions and create design and technological documentation for the mass production of such a product.

The proposed promising solution has no foreign analogues and guarantees commercial success in the international market. This solution will help to improve the safety of operation in extreme winter and provide financial preference for users, increasing the resource of winter studded tires.

References

1 **Balakina, E. V., Kochetkov, A. V.** Coefficient of coupling of the tire with the road surface. – Moscow : Innovative Mechanical Engineering, 2017. – 292 p.

2 **Stepanov, A. S., Sharatinov, A. D., Starostin, A. V.** Investigation of the influence of the technology of installing anti-skid spikes on the performance properties of a studded tire. *Constructions made of composite materials*, 2007, No. 4, – P. 104-107.

3 **Tarasik, V. P.** Theory of automobile movement. – St. Petersburg, BHV-Petersburg, 2006. – 478 p.

4 **Umnyashkin, V. A., Filkin, N. M., Muzafarov, R. S.** Theory of the automobile. – Izhevsk : Izd-vo IzhSTU, 2006. – 272 p.

5 **Balabin, I. V., Balabin, O. I., Chabunin, I. S.** Development of a conceptual model of a winter all-weather safe automobile tire // *News of higher educational institutions. – Mechanical engineering*. 2019. – No. 6 (711) – P. 3–11.

6 **Guslitser, R. L.** Tire and car. – Moscow : SIC «NIISHP», 2017. – 287 p.

7 **Balabin, I. V.** All-season pneumatic tire of an automobile wheel. Patent of the Russian Federation 2564790, 2015, bul. – No. 28.

8 **Ostretsov, A. V., Krasavin, P. A., Voronin, V. V.** Tires and wheels of cars and tractors. – Moscow : MSTU «MAMI», 2011 – 85 p.

9 **Chudakova, N. V.** Experimental study of the steady deceleration of the car during the operation of winter tires. *Bulletin of Civil Engineers*, 2016, No. 2(55) – P. 246–251.

10 **Afanasyev, A. S., Chudakova, N. V., Khakimov, R. T.** Investigation of braking parameters of the M1 category PBX equipped with adaptive braking systems // *Izvestiya International Academy of Agrarian Education*. 2021. – No. S55 – P. 9–12.

Material received on 15.06.21.

***A. A. Сахиев¹, А. Даххам²**

¹«Самғау» ЖШС,

Қазақстан Республикасы, Қызылорда қ.;

²«Автотрейдинг и Сервис LTD»,

Бағдат қ., Ирак.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

ҚЫСҚЫ АУА-РАЙЫНЫҢ ҚАУІПСІЗ ШИНАСЫНЫҢ МОДЕЛІН ЖАСАУ

Автомобиль көлігі қозғалысының жылдамдығы мен қарқындылығының тұрақты өсуі жағдайында оның әр түрлі санаттағы жолдарда, оның ішінде бетінде қар мен мұз массасының қабаты бар, бұл машинаның ілінісу қасиеттерін едәуір төмендетеді. Бұл оның тұрақты қозғалыс кепілдігінің негізгі факторы.

Осыған байланысты доңғалақтың жолға адгезиясының сенімділігін арттыруға бағытталған жұмыстардың маңызы зор, ал температура мен жол бетінің жай-күйінің өзгеруін ескере отырып, көбінесе бұл мәселені шешудің ерекше тәсілін қажет етеді.

Осыған байланысты қыс мезгіліндегі автомобиль қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету, шиналар мен сырғанауға қарсы шыбықтардың сенімділігін арттыру, жол желісінің ресурс үнемдеуін жақсарту үшін қысқы ауа-райының қауіпсіз автомобиль шинасының тұжырымдамалық моделі жасалды.

Кілтті сөздер: қозғалыс қауіпсіздігі, автомобиль шинасы, жол жамылғысы, жол-көлік оқиғасы.

***А. А. Сахиев¹, А. Даххам²**

¹ТОО «Самгау»,

Республика Казахстан, г. Кызылорда;

²«Автотрейдинг и Сервис LTD»,

Ирак, г. Багдад.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЗИМНЕЙ ВСЕПОГОДНОЙ БЕЗОПАСНОЙ ШИНЫ

В условиях постоянного возрастания скорости и интенсивности движения автомобильного транспорта особую важность приобретает обеспечение его активной безопасности на дорогах разных категорий, в том числе имеющих на поверхности слой снежно-ледяной массы, существенно снижающей сцепные свойства машины – главного фактора гарантии ее устойчивого управляемого движения.

В связи с этим проведение работ, направленных на повышение надежности сцепления колеса с дорогой, имеет большую значимость, а с учетом смены температурного режима и состояния дорожной поверхности зачастую требует неординарного подхода к решению данной проблемы.

В связи с этим разработано концептуальная модель зимней всепогодной безопасной автомобильной шины для обеспечения безопасности движения автомобиля в экстремальных зимних условиях, повышения надежности работы шины и шипов противоскольжения, улучшения ресурсосбережения дорожной сети.

Ключевые слова: безопасность движения, автомобильная шина, дорожное покрытие, дорожно-транспортное происшествие.

МРНТИ 61.51.37

<https://doi.org/10.48081/SGTJ5534>

С. Р. Масакбаева*, **Н. К. Жетубаева**, **Р. М. Несмеянова**,
С. Ю. Ковтарева

Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВАНАДИЯ В НЕФТЯНОМ КОКСЕ

АО «Казахстанский электролизный завод» является первым и единственным в Казахстане производителем первичного алюминия высокой марки. В связи с ужесточающимися требованиями к качеству алюминия перед предприятием стоит задача по повышению его качества, при наименьших экономических затратах. Так повышенное содержание ванадия более 0,002 % приводит к изменению марок алюминия с А85, А8 на А7Э, А7, что в свою очередь снижает стоимость металла. При получении алюминия в условиях АО «КЭЗ» в анод из кокса поступает практически 90 % ванадия от его общего содержания в сырье. В данной статье рассматриваются основные способы очистки кокса от ванадия, т.к. он вреден для электролизного производства, поскольку его содержание в товарном алюминии свыше 200 ppm ограничивает его использование и снижает его марку. А также, более подробно рассмотрен метод очистки алюминия от ванадия с использованием добавки борсодержащих материалов (бура, борная кислота, лигатура Al-B) в электролизер через обожженные аноды.

Ключевые слова: очистка кокса, метод борирования, очистка от ванадия, первичный алюминий.

Введение

Одним из возможных путей повышения качества алюминия, является повышение требований к качеству сырья для производства анодов. Среди всех сырьевых материалов, необходимых для производства первичного алюминия, сырье для производства анодов отличается самым большим разбросом параметров свойств, определяющих качество. Некондиционные аноды существенно влияют на стоимость производства металла и выбросы парниковых газов [1].

Нефтяной кокс – основное сырье для производства анодов алюминиевых электролизеров. Качество кокса во многом определяет технологию, экологию и экономику производства алюминия. С точки зрения производителей алюминия, нефтяной кокс должен обладать следующими свойствами: минимальной зольностью и отсутствием каталитических примесей, высокой стойкостью к кислороду и

CO₂, низкой пористостью и удельным электросопротивлением, механической прочностью, приемлемой для обработки, и хорошей микроструктурой [2].

В анод из кокса поступает практически 90% ванадия от его общего содержания [3].

На данный момент АО «Казахстанский электролизный завод» в своей производственной цепочке использует только 50% кокса ТОО «УПНК-ПВ» (отечественный завод по производству прокаленного нефтяного кокса). Это связано с тем, что в нем содержатся тяжелые металлы, в том числе и ванадий, что в дальнейшем оказывает влияние на сортность выпускаемого алюминия. К примеру, в коксе производства РФ содержание ванадия составляет 250–350 ppm, а в коксе ТОО «УПНК-ПВ» концентрация ванадия 750–800 ppm, что превышает допустимое содержание ванадия в 2–2,5 раза [4].

Таким образом в зависимости от использования того или иного кокса, максимальное поступление ванадия в ванну составит: 0,0018 кг (обычный кокс) и 0,0041 кг (кокс УПНК) в сутки. С анодами УПНК ванадия добавляется в ванну почти в 2,3 раза больше, чем при использовании обычных анодов [4].

Поэтому актуальной является задача по поиску путей очистке кокса, что позволит как снизить себестоимость алюминия, так и производить более высококачественный алюминий марок А7 и А8 [5].

Уже достаточно давно ведутся исследования в области удаления примесей ванадия из прокаленного кокса. На сегодняшний день не найдено удовлетворительного процесса универсального для исходного сырья различного состава, благодаря которому достигается хорошее извлечение ванадия без использования дорогостоящих реагентов и высокоспециализированного оборудования, поэтому разработка новых способов получения из нефтяного кокса и ванадия является актуальной.

В настоящее время существует только один эффективный способ выведения примесей тяжелых металлов из алюминия в процессе электролиза – введение в расплавы электролита и алюминия соединений бора. Этот процесс осуществляют по двум направлениям:

- через криолито-глиноземную корку, непосредственно в электролит;
- через расходоуемые обожженные аноды [6–8].

Опыт очистки алюминия с содержанием ванадия и более 200 ppm в мировой практике отсутствует. В этой связи требуется отработка режимов рафинирования при повышенном содержании тяжелых металлов в обожженных анодах, который предполагает введение в расплавы оксида бора (буру – Na₂B₄O₇(5–10) H₂O или борную кислоту H₃BO₃) непосредственно с загружаемым сырьем или через аноды.

Материалы и методы

Испытания проводились методом добавки борсодержащих соединений (борной кислоты H₃BO₃ или буры Na₂B₄O₇·10H₂O) в электролизер через обожженные аноды, соблюдая следующие ограничения:

- количество ванадия в алюминии не должно превышать 200 ppm;
- количество бора в алюминии не должно превышать 200 ppm;
- количество бора в электролите не должно превышать 100 ppm.

Для этого в цепочку приготовления сухой коксовой шихты анодной массы в цехе по производству электродов был осуществлен демонтаж дозирующей установки борсодержащего сырья.

Готовые аноды с добавками бора устанавливались на 36 опытных электролизерах, а также для сравнения были выбраны 36 электролизеров–свидетелей.

В течение первого этапа испытаний дозирование бора в аноды в виде борной кислоты осуществлялось в количестве 3,5–3,7 кг на 1 тонну сухой шихты, что соответствует 0,36 мас. % H_3BO_3 , или около 400 ppm бора в готовом обожженном аноде (таблица 1). Такая дозировка бора в аноды обнаруживает позитивные изменения их эксплуатационных свойств.

Таблица 1 – Этапы снижения дозировки

Этап	Наименование анодов	Период испытании	Дозировка в шихту	В аноде, ppm
			кг H_3BO_3 на 1 т	
1 этап	УПНК Бор-3,5	11.12.2018-28.02.2019	3,5	400
2 этап	УПНК Бор-3,5	01.03.2019-09.04.2019	3,5	400
	УПНК Бор-1,75	10.04.2019-15.05.2019	1,75	200

Для определения качества первичного алюминия используется спектральный анализ [9, 10]. Регистрация спектра – фотографическая и фотоэлектрическая.

Результаты и обсуждение

В таблице 2 представлены средние показатели 2-х партий коксового анода УПНК с добавкой и без добавки бора.

Таблица 3 – Показатели анодных блоков

Аноды Производитель коков	р _{каж.} , г/см ³	УЭС, мкОм·м	σсжат, МПа	σсизгиб, МПа	К*, нПм	Реакционная способность	
						Остаток в CO ₂ , %	Остаток в воздухе, %
Россия РФ	1,58	53,94	49,21	11,65	1,40	92,65	63,90
УПНК без бора	1,59	55,15	48,50	11,02	1,86	94,64	57,34
УПНК Бор_3,5	1,58	55,46	51,92	11,69	2,36	95,72	71,41
УПНК Бор_1,75	1,60	54,03	51,00	12,44	1,78	95,57	68,53

Как следует из представленных данных, при одинаковой плотности аноды с добавкой бора имеют большую электропроводимость и прочность, меньшую газопроницаемость и существенно более высокую устойчивость по отношению

к CO_2 и в условиях окисления на воздухе. В этой связи при эксплуатации анодов с добавками бора можно ожидать уменьшения расхода анодов.

Как видно из таблицы, микродобавки бора в обожженные аноды до 400 ppm ($3,5 \text{ кг H}_3\text{BO}_3$) повышают прочность и устойчивость к окислению воздухом и в токе CO_2 , но не оказывают существенного влияния на электропроводимость и плотность. Микродобавки бора до 200 ppm ($1,75 \text{ кг H}_3\text{BO}_3$) положительно влияют на механические и эксплуатационные свойства.

Также в таблице 4 приведены технологические показатели электролизеров, влияющие на экономическую эффективность экспериментальных исследований по снижению содержания ванадия при введении микродобавки бора в виде борной кислоты в обожженные аноды.

Таблица 4 – Технологические параметры электролизеров

Показатели	ед. изм	(доисп)	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель
Т эл	°С	952,6	953,9	953,1	951,7	952	952
V	%	0,0240	0,0200	0,0100	0,0060	0,0120	0,0140
Выход по току	%	92,77	92,86	92,87	92,97	92,99	93,01

По данным таблицы 4 можно сделать следующие выводы:

– использование бора привело к снижению содержания ванадия в алюминии с начальных 0,0240 % в начале испытаний, до 0,0140 %. Данное значение строго соответствует алюминию высшей марки А85;

– выход по току, соответствующий коэффициенту полезного действия, вырос с 92,77 % в начале испытаний и достиг 93,01 % в апреле, что дополнительно привело к извлечению более 200 т алюминия за 5 месяцев испытаний;

– температура электролизеров (Тэл) снизилась с 952,6 °С в начале испытаний, до 952 °С в апреле, что так же привело к значительному снижению расхода электроэнергии на разогрев и поддержание температуры в электролизерах.

Выводы

По итогам испытаний добавки борсодержащих соединений (борной кислоты H_3BO_3 или буры $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) в электролизер через обожженные аноды определены следующие результаты:

– обожженные аноды, содержащие борную кислоту, могут снизить расход анодов, а также падения напряжения в подине на 30 мВ;

– введение микродобавок бора через обожженный анод позволяет оптимизировать показатели и снизить затраты на производство алюминия;

– при стандартном качестве алюминия технико-экономические показатели процесса электролиза на действующих электролизерах в перспективе могут быть повышены (выход по току, расход электроэнергии, снижение расходов

на материалы). Кроме того, данная технология может стать основой для проектирования электролизеров нового поколения с дренированным катодом.

Таким образом, можно сделать вывод, введение борсодержащих добавок в электролизер через обожженные аноды является эффективным и позволяет снизить содержание ванадия до целевого уровня.

Список использованных источников

1 **Валуев, Д. В., Гизатулин, Р. А.** Технологии переработки металлургических отходов [Текст] / Д. В. Валуев, Р. А. Гизатулин // Юргенский технологический институт. Томск: издательство Томского политехнического университета, 2012. – 196 с.

2 **Твердохлебов, В. П.** Нефтяной кокс для алюминиевой промышленности. Технология и свойства [Текст] / В. П. Твердохлебов // Journal of Siberian Federal University, Chemistry. – 2010. – № 4. – С. 369–386

3 **Сюняев, З. И.** Производство, обогащение и применение нефтяного кокса [Текст]. – М. : Химия, 1973. – 295 с.

4 ТИ-КЭЗ-032 Технологическая инструкция производства алюминия-сырца АО «Казахстанский электролизный завод». [Текст] – Павлодар, 2013. – 13 с.

5 ГОСТ 11069–2001. Алюминий первичный. Марки. [Текст]. – М. : Стандартинформ, 2008. – 7 с.

6 Способ извлечения ванадия из нефтяного кокса [Текст]: пат. 2647725/С1 Рос. Федерация : МПК С22В 34/22 (2006.01) – 6с.

7 Способ извлечения ванадия и никеля из кокса для деметаллизации нефтяного сырья [Текст]: пат. 2685290/С1 Рос. Федерация : МПК С22В34/22 – 9 с.

8 Способ извлечения ванадия из нефтяного кокса [Текст]: пат. 2033449 Рос. Федерация : МПК С22В 34/00 – 6 с.

9 ГОСТ 12697.1–77. Алюминий. Методы определения ванадия. [Текст] – М. : Стандартинформ, 2008. – 27 с.

10 ГОСТ 3221–85. Алюминий первичный. Методы спектрального анализа [Текст]. – М. : Издательство стандартов, 1985. – 14 с.

References

1 **Valuev, D. V., Gizatulin, R. A.** Tekhnologii pererabotki metallurgicheskikh othodov [Tekst] / D. V. Valuev, R. A. Gizatulin [Technologies for the processing of metallurgical wastes [Text] / D. V. Valuev, R. A. Gizatulin]. – Yurgen Technological Institute. Tomsk: publishing house of the Tomsk Polytechnic University, 2012. – 196 p.

2 **Tverdohlebov, V. P.** Neftyanoj koks dlya alyuminievoj promyshlennosti. Tekhnologiya i svojstva [Tekst] / V. P. Tverdohlebov [Neftyanoj koks dlya alyuminievoj promyshlennosti. Tekhnologiya i svojstva [Tekst] / V. P. Tverdohlebov]. – Journal of Siberian Federal University, Chemistry. – 2010. – № 4. – P. 369–386

3 Syunyaev, Z. I. Proizvodstvo, oblagorazhivanie i primeneniye neflyanogo koksa [Tekst] [Sunyaev, Z. I. Production, upgrading and application of petroleum coke [Text]]. – М. : Chemistry, 1973. – 295 p.

4 TI-KEZ-032 Tekhnologicheskaya instrukciya proizvodstva alyuminiya-syrca AO «Kazhastanskij elektroliznyj zavod». [Tekst] [TI-KEZ-032 Technological instruction for the production of raw aluminum at Kazakhstan Electrolysis Plant JSC. [Text]] – Pavlodar, 2013. – 13 p.

5 GOST 11069–2001. Alyuminii pervichnii. Marki. [GOST 11069-2001. Primary aluminum. Grades]. – М. : Standartinform, 2008. – 7 p.

6 Sposob izvlecheniya vanadiya iz neflyanogo koksa [Tekst]: pat. 2647725/S1 Ros. Federaciya : MPK C22B 34/22 (2006.01) [Method for extracting vanadium from petroleum coke [Text]: Pat. 2647725/C1 Rus. Federation: IPC C22B 34/22 (2006.01)] – 6 p.

7 Sposob izvlecheniya vanadiya i nikelya iz koksa dlya demetallizacii neflyanogo syr'ya [Tekst]: pat. 2685290/C1 Ros. Federaciya : MPK C22B34/22 [Method for extracting vanadium and nickel from coke for demetallization of petroleum feedstock [Text]: Pat. 2685290 / C1 Rus. Federation: IPC C22B34 / 22] – 9 p.

8 Sposob izvlecheniya vanadiya iz neflyanogo koksa [Tekst]: pat. 2033449 Ros. Federaciya : MPK C22B 34/00 [Method for extracting vanadium from petroleum coke [Text]: Pat. 2033449 Rus. Federation: IPC C22B 34/00] – 6 p.

9 GOST 12697.1–77. Alyuminii. Metodi opredeleniya vanadiya. [GOST 12697.1–77. Aluminium. Methods for determination of vanadium] – М. : Standartinform, 2008. – 27 p.

10 GOST 3221–85. Alyuminii pervichnii. Metodi spektralnogo analiza. [GOST 3221–85. Primary aluminum. Methods of spectral analysis]. – М.: Publishing house of standards, 1985. – 14 p.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

***С. Р. Масакбаева¹, Н. К. Жетубаева², Р. М. Несмеянова³, С. Ю. Ковтарева⁴**

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

МҰНАЙ КОКСЫН ВАНАДИЙДЕН ТАЗАРТУ ЖОЛДАРЫ

АҚ «Қазақстан электролиз зауыты» – бұл жоғары сапалы алғашқы алюминий өндірісінің бірінші және жалғыз өндірушісі. Алюминий сапасына қойылатын қатаң талаптарға байланысты кәсіпорын алдында қойылатын міндет – оның сапасын ең аз экономикалық шығындармен жақсарту.. Осылайша, құрамында ванадийдің 0,002 %-дан астам жоғарылауы, алюминий маркаларының А85, А8-ден А7Е, А7-ге өзгеруіне әкеледі, бұл өз кезегінде металдың құнын төмендетеді. АҚ «ҚЭЗ» жағдайында алюминийді алған кезде ванадийдің шикізаттағы жалпы құрамынан 90 %-ы анодқа кокстан түседі. Бұл мақалада коксты ванадийден тазартудың негізгі әдістері көрсетілген, өйткені оның мөлшері тауарлық алюминий құрамында 200 ppm асатын болса,

алюминийдің қолданылуын шектейді және оның дәрежесін төмендетеді. Бұл мақалада пісірілген анодтар арқылы электролизерге құрамында бор бар материалдарды (боракс, бор қышқылы, Al-B лигатураны) қосу арқылы ванадийден алюминийді тазарту әдісі қарастырылған.

Кілтті сөздер: коксты тазарту, борлау әдісі, ванадийден тазарту, біріншілік алюминий

***S. R. Massakbayeva¹, N. K. Zhetubayeva², R. M. Nesmeyanova³, S. Y. Kovtareva⁴**

^{1,2,3,4}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 115.06.21.

WAYS TO REDUCE VANADIUM IN PETROLEUM COKE

JSC «Kazakhstan Electrolysis Plant» is the first and only producer of high grade primary aluminum in Kazakhstan. In connection with the tightening requirements for the quality of aluminum, the enterprise faces the task of improving its quality at the lowest economic costs. Thus, an increased vanadium content of more than 0.002 % leads to a change in aluminum grades from A85, A8 to A7E, A7, which in turn reduces the cost of the metal. When aluminum is obtained under the conditions of JSC «KEZ», almost 90 % of vanadium from its total content in the raw material is supplied to the anode from coke. This article discusses the main methods for cleaning coke from vanadium, because it is harmful for electrolysis production, since vanadiums content in commercial aluminum over 200 ppm limits used and reduces its grade. And also, the method of purifying aluminum from vanadium using the addition of boron-containing materials (borax, boric acid, Al-B ligature) into the electrolyzer through baked anodes is considered in more detail.

Keywords: coke purification, boronation method, vanadium purification, primary aluminum.

Е. Ж. Слямев¹, *С. Р. Масакбаева²

^{1,2}Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар

ВЛИЯНИЕ ТИТАНОМАГНИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА НА ПОЛИМЕРИЗАЦИЮ ПОЛИПРОПИЛЕНА В УСЛОВИЯХ ТОО «КОМПАНИЯ НЕФТЕХИМ LTD»

Полипропилен обладает ценным сочетанием свойств, изучение которых привлекает внимание многих исследователей, работающих как в области теории макромолекулярной химии и физики, так и в области переработки и применения полимерных материалов.

Решающее влияние на свойства полипропилена и изделий из него оказывает молекулярная и надмолекулярная структура полимерной цепи.

Полипропилен характеризуется более сложной молекулярной структурой, чем большинство производимых промышленностью полимеров, так как, помимо химического состава мономера, среднего молекулярного веса и молекулярно-веса распределения, на его структуру оказывает влияние пространственное расположение боковых групп по отношению к главной цепи. В техническом отношении наиболее важен и перспективен изотактический полипропилен. В зависимости от типа и соотношения присутствующих стереоизомеров свойства полипропилена изменяются в широком диапазоне.

От молекулярной структуры полимеров зависит метод их переработки, который в свою очередь влияет свойства готового изделия. При изучении того или иного свойства полипропилена невозможно исключить влияние большого или меньшего числа факторов, что с одной стороны выгодно, так как позволяет судить об одном явлении с разных точек зрения, а с другой вызывает существенные затруднения при сравнении результатов. Например, при изучении прочности при растяжении или изгибе полипропилена, следует учитывать, что проводимый показатель является всего лишь одним из целого ряда значений, которые могут быть получены по различным методикам на образцах с разной молекулярной структурой и приготовленных различными методами.

На ТОО «Компания Нефтехим LTD» ведутся работы по улучшению качества и расширения линейки выпускаемого полипропилена, путем замены катализаторов на стадий полимеризации и добавлением специальных добавок на стадий грануляции. Для отслеживания результатов у компании имеется собственная лаборатория.

Ключевые слова: полимеризация, полипропилен, титаномагнийевый катализатор.

Введение

ТОО «Компания Нефтехим LTD» является первым в Казахстане производителем метил-трет-бутилового эфира и полипропилена, также Компания производит мягкую упаковку (полипропиленовые мешки и биг-беги). Проектная мощность производства полипропилена составляет – 64 000 тонн в год, метил-трет-бутилового эфира – 20 000 тонн в год.

Производства полипропилена состоит из установки концентрирования пропилена, установки полимеризации пропилена и установки гранулирования полипропилена. Технология полимеризации полипропилена основана на комбинированной технологии полимеризации жидкофазной и газофазной полимеризации. В качестве катализатора используется титаномагниевого катализатор (основной и опытный образец) и триэтилалюминия (TEAL), в качестве внешнего донора водорода используется соединения на основе силана (OFS) [1].

В ноябре 2019 года на установки полимеризации полипропилена проводился фиксированный пробег с целью испытания опытной партии титаномагниевого катализатора. В таблице 1 представлены характеристики титаномагниевого катализаторов.

Таблица 1 – Характеристики катализаторов полимеризации

Показатель	Основной катализатор	Опытный образец катализатора
Содержание Ti, %	3,0	2,8
Содержание Mg, %	17,58	15,30
Показатель изотактичности полимера, %	98,17	Более 96,00
Насыпная плотность полимера, г/см ³	0,43–0,47	0,40–0,45

Материалы и методы

В данной работе было изучено влияние титаномагниевого катализатора на технологические параметры установки полимеризации полипропилена в условиях ТОО «Компания Нефтехим LTD» и на физико-механические показатели выпускаемого полипропилена [2].

Ниже представлено описание технологической схемы производства полипропилена, а в приложении 1 представлена технологическая схема установки полимеризации полипропилена. Пропилен подается с установки концентрирования пропилен в блок тонкой очистки пропилен, где происходит очистка пропилен от каталитических ядов (серосодержащие и кислорода содержащие соединения). Очищенный пропилен поступает в две емкости хранения пропилен. Далее пропилен поступает на блок полимеризации пропилен.

Сырьевой и рекуперационный пропилен с водородом из емкости D-3013 смешиваются с компонентами катализаторного комплекса (титаномагниевого катализатор, TEAL, OFS) в реакторе предварительной полимеризации D-3200/А-С. Три параллельно расположенных автоклава с мешалками, теплообменной рубашкой и внутренними змеевиками. Давление в реакторах D-3200/А-С

контролируется приборами PIA-2001A-C. Контроль температуры реакционной массы в реакторах D-3200/A-C осуществляется по показаниям приборов TIA-2002A-C. Водород как регулятор молекулярной массы полипропилена подают в линию подачи рекуперационного пропилена. Реакторы D-3200/A-C снабжены охлаждающей рубашкой и змеевиком для отвода тепла. В реакторах D-3200/A-C происходит смешение компонентов катализаторного комплекса и предварительная стадия реакции полимеризации при температуре 30 °C и давлении 3,4 МПа. Из реакторов предварительной полимеризации D-3200/A-C реакционная масса поступает в реакторы жидкофазной полимеризации D-3201/A-C, которые представляют собой три параллельно включенных автоклава с мешалками, теплообменными рубашками и внутренними змеевиками. Давление в реакторах D-3201/A-C контролируется прибором PIA-2101/A-C. Контроль температуры реакционной массы в реакторах D-3201/A-C осуществляется по показаниям приборов TRC-2101A-C в верхней части реактора и TIR-2102A-C в середине аппарата. Управление процессом полимеризации в реакторе D-3201/A-C производится подачей горячей оборотной воды в рубашку и змеевики реактора. Горячая вода регулируется клапанами TV-2101A2-C2 на входе и TV-3006A, C, E на выходе. Подача оборотной воды регулируется клапанами TV-2101A1-C1, TV-2101A11-C11, HIC-3004A, C, E на входе и TV-3006A, C, E на выходе. Для обоих потоков горячей и оборотной воды предусмотрены общие датчики температуры TI-2104A-C на входе и TI-2105A-C на выходе соответственно.

Для проведения процесса полимеризации в жидкой фазе в реакторах D-3201/A-C поддерживается постоянная температура 70 °C, давление 2,6-3,2 МПа и уровень 20–50 %. Внутри реакторов часть пропилена переходит в полипропилен, а другая часть остается в жидком состоянии в качестве растворителя. Концентрация суспензии поддерживается добавлением порций реакционной смеси из реакторов D-3200/A-C, а также клапанами отгрузки суспензии полипропилена HV-2001A-C в горизонтальный реактор D-3203.

Реакционная масса с полипропиленом из реакторов D-3201/A-C по двум линиям поступает в горизонтальный реактор D-3203 цилиндрический аппарат с мешалкой и охлаждающей рубашкой. Основным признаком протекания реакции полимеризации в горизонтальном реакторе является изменение токовой нагрузки мешалки, которая регистрируется прибором IR-2301 в пределах 12–28 А. Так как реактор D-3203 конструктивно представляет собой вытянутый цилиндрический аппарат, могут возникнуть сложности с контролем температуры по всей длине реактора. Для этого его условно делят на шесть зон с подачей в каждую из них охлажденного непрореагировавшего пропилена через клапаны TV-2301A-F, наблюдая за показаниями приборов TRC-2301A-F. Это позволяет тонко регулировать температуру по всему реактору на уровне 68–86 °C в зависимости от условий протекания процесса полимеризации. Объем полипропилена внутри реактора контролируется частотой открытия клапанов выгрузки поз. HV-2301A1-A4 на блок дезактивации полипропилена.

Непрореагировавший пропилен с верхних отстойников горизонтального реактора направляется в циклон D-3204. Циклон предназначен для отделения порошка полипропилена от непрореагировавшего полипропилена. С верха циклона непрореагировавший пропилен уходит в конденсатор E-3203, на входе которого газ разделяется на два потока. Один поток проходит через конденсаторы E-3203 и E-3208 и насосами P-3203/A, B подается на орошение горизонтального реактора D-3203 через клапаны TV-2301A-F для поддержания оптимальной рабочей температуры по всем зонам реактора. Второй поток через фильтры F-3205/A, B клапаном PV-2301 дозируется в емкость рекуперации непрореагировавшего пропилен D-308. Таким образом контролируется давление в реакторе D-3203 на уровне 2,2-2,8 МПа, что регистрируется прибором PIS-2301. В нижней части циклона D-3204 накапливается порошок полипропилена, который клапаном HV-2303 подается в линии выгрузки полипропилена из горизонтального реактора D-3203 на блок дезактивации полипропилена. На линии вывода непрореагировавшего пропилен из реактора D-3203 предусмотрена пробоотборная точка для контроля компонентного состава газа, выводимого на блок рекуперации.

Полипропилен под собственным давлением из горизонтального реактора D-3203 поступает в циклоны D-301/A, B. Циклоны предназначены для отделения непрореагировавшего пропилен из массы полипропилена. Непрореагировавший пропилен с верха циклонов поступает в фильтр M-306, откуда через верх пропилен уходит на блок рекуперации пропилен. Фильтр M-306 отделяет остатки порошка полипропилена из пропилен и сбрасывает его в уравнительную емкость D-306, откуда периодически открытием крана шарового, порошок под вакуумом перегружается в испаритель мгновенного вскипания D-305/C. Выгрузка осуществляется за счет создания вакуума в испарителе, когда он находится в режиме ожидания. Давление в емкости D-306 регистрируется прибором PI-3003F.

Рукава фильтра M-306 периодически продуваются газообразным пропиленом, поступающего с буферной емкости D-311. Подача пропилен регулируется редукционным клапаном PCV-3101 и через буферную емкость D-311 давлением 0,3 МПа подается в фильтр M-306. Давление в емкости D-311 контролируется прибором PI-3011.

Порошок отделившийся в циклоне D-301/A, B поступает в испарители первичной дегазации D-303/A, B. Испарители D-303/A, B представляют собой два параллельно подключенных аппарата снабженные рубашками и мешалками. В испарителях выдерживается уровень в интервале 10-30 % по уровнемеру LISA-3101/A, B, регулируемый клапанами LV-3101/A, B. Давление контролируется прибором PI-3002/B, D в пределах 0,03-0,05 МПа. Токовая нагрузка на мешалках регистрируется приборами IR-3103/A, в интервале 30–100 А. Максимально допустимое значение по токовой нагрузке составляет 130 А, при превышении которой мешалка резко замедляется и начинает двигаться импульсами. При возвращении нагрузки в рабочий интервал скорость мешалки восстанавливается.

Испарители мгновенного вскипания D-305/A-D, четыре аппарата снабженные рубашками и мешалками, внутренним диаметром 2400 мм, высотой 3800 мм, объемом 10 м³. Испарители разбиты на две пары, каждая из которых работает под одним из испарителей первичной дегазации D-303/A, B. Работая в паре один из испарителей принимает полипропилен, второй находится в состоянии готовности под вакуумом. Контроль давления в испарителях D-305/A-D осуществляется по показаниям приборов PI-3003/A-D. При выгрузке непрореагировавший пропилен выводится на газгольдер V-309. По окончании выгрузки полипропилена в испаритель D-305/A-D открывается клапан KV-3102/A-D и водокольцевым вакуумным насосом P-303/A-D набирается вакуум до -0,05 МПа. Затем клапан KV-3102/A-D закрывается и в нижнюю часть испарителей D-305/A-D подается азот низкого давления через уравнительную линию расходом 160 м³/ч. Контроль расхода азота низкого давления осуществляется по показаниям приборов FICQ-022/A, B. Азот низкого давления в уравнительную линию испарителей D-305/A-D подается по линии 38/2 из буферной емкости азота V-306. Параллельно с азотом низкого давления в испаритель подается небольшое количество водяного пара низкого давления для дезактивации остатков катализаторного комплекса. Водяной пар подается напрямую в линию азота и два потока по одной линии направляются в испарители. Контроль расхода пара низкого давления осуществляется по показаниям приборов FICQ-021. В испарителях D-305/A-D поднимается давление до 0,1 МПа и удерживается в течении 3 минут. После азот клапаном UCV-012/A-D по л.33/28 сбрасывается в атмосферу через воздушник. Таким образом проходит процесс дезактивации катализаторного комплекса в полипропилене.

Далее испарители D-305/A-D вакуумируют насосом P-303/A-D до давления – 0,07 МПа не менее 3 раз со сбросом в газгольдер и после каждого вакуумирования в нижнюю часть испарителей D-305/A-D подается азот низкого давления через уравнительную линию до достижения давления в испарителях D-305/A-D 0,1 МПа.

Дегазированный полипропилен выгружается из испарителей D-305/A-D через клапаны выгрузки полипропилена UCV-04/A-D и транспортируется по пневмолинии на установку гранулирования полипропилена (УГП). Для выгрузки полипропилена из испарителей D-305/A-D и транспортировки его на УГП, подается азот низкого давления в верхнюю часть испарителей D-305/A-D по уравнительной линии через клапаны подачи азота UCV-03/A-D. Открытие и закрытие клапана подачи азота UCV-03/A-D контролируется автоматизированной системой управления «SUPCON».

Далее порошок полипропилена отправляется на установку гранулирования полипропилена, где происходит стабилизация полипропилена, гранулирование и повышения ПТР при необходимости [3].

Произведенный полипропилен сравнивался по следующим физико-механическим показателям: показатель текучести расплава (ПТР), насыпная плотность порошкового полипропилена, предел текучести при растяжении, ударная вязкость по Изоду, массовая доля изотактической фракции, модуль упругости при изгибе и растяжении [4].

Показатель текучести расплава (ПТР, индекс расплава) определяли по ГОСТу 11645-73 на экструзионном пластомере [5].

Определение насыпной плотности производили согласно ГОСТу 11035.1-93 [6].

Предел текучести и модуль упругости при растяжении определяли по ГОСТу 11262-2017 [7]. Модуль упругости при изгибе определяли по ГОСТу 9550-81 [8].

Ударная вязкость определялась по ГОСТу 19109-2017 [9].

Степень изотактичности полипропилена определяли по ГОСТу 26996 [10].

Результаты и обсуждение

3 сентября 2019 г. на ТОО «Компания Нефтехим LTD» был проведен фиксированный пробег с использованием опытного и основного образца титаномагниевого катализатора. Результаты фиксированного пробега занесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты фиксированного пробега

№	Насыпная Плотность, кг/м ³		Масса, кг		ПТР, г/10 мин		Включения н.б. 10 шт	
	Основной	Опытный образец	Основной	Опытный образец	Основной	Опытный образец	Основной	Опытный образец
Ср.	440	415	2886	2402	2,4	2,1	отс	отс.
общ	-	-	66378	55246	-	-	-	-

В таблице 3 указаны загрузки чистого пропилена и катализаторного комплекса при использовании опытного и основного образца титаномагниевого катализатора

Таблица 3 – Загрузка пропилена и катализаторного комплекса при использовании опытного и основного образца титаномагниевого катализатора

	Загрузка пропилена, т/ч	Дозировка катализатора, кг/ч	Расход TEAL, кг/ч	Расход OFS, кг/ч	Расход водорода, кг/ч
Основной	6	0,342	2,6	0,45	0,115
Опытный образец	6	0,114	2,5	0,50	0,170

В таблице 4 предоставлены основные физико-химические показатели, используемые для сравнения порошков полипропилена на основе основного и опытного образцов катализатора.

Таблица 4 – Сравнительная таблица физико-химических показателей катализаторов основного и опытного образца

Показатель	Основной образец	Опытный образец
Масса реакции, кг	2 886	2 402
Насыпная плотность, кг/м ³	447	415
ПТР, г/10 мин	2,4	2,1

Визуальное определение влажности	Без влаги	Без влаги
Изотактический показатель, %	98,3	98,4
Модуль упругости при изгибе, МПа	1157	1010
Модуль упругости при растяжении, МПа	1756	1903
Предел текучести при растяжении, МПа	34,6	33,6
Ударная вязкость по Изоду с надрезом, кДж/м ²	7,6	7,8

В таблице 5 указаны сравнительные значения температур и давлений в реакторе жидкофазной полимеризации D-3201/В, давления и токовой нагрузки мешалки горизонтального реактора D-3203 [4].

Таблица 5 – Сравнительные значения температур и давлений в реакторах

Значение	Катализатор	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	00.00
Температура в реакторе D-3200	Основной, °С	34,2	35,3	34,4	33,1	34,3	34,0	33,0
	Опытный, °С	32,5	32,6	33,5	34,3	33,9	34,7	34,6
Давление в реакторе D-3200	Основной, МПа	3,30	3,31	3,32	3,32	3,31	3,31	3,30
	Опытный, МПа	3,30	2,81	2,99	2,86	3,01	3,12	2,91
Температура в реакторе D-3201	Основной, °С	72,78	72,74	72,78	72,74	72,75	72,76	72,78
	Опытный, °С	72,78	64,39	66,63	65,60	67,91	70,07	67,03
Давление в реакторе D-3201	Основной, МПа	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15
	Опытный, МПа	3,15	2,65	2,82	2,73	2,86	3,00	2,80
Давление в реакторе D-3203	Основной, МПа	2,75	2,74	2,75	2,75	2,74	2,75	2,75
	Опытный, МПа	2,75	2,61	2,57	2,55	2,55	2,60	2,58
Токовая нагрузка мешалки реактора D-3203	Основной, А	23,5	23,4	23,5	23,6	23,8	23,0	23,5
	Опытный о, А	23,2	21,2	21,0	21,8	21,6	21,5	22,9
цикл тайм реактора D-3203	Основной, сек	33	32	32	31	32	33	33
	Опытный, сек	33	40	70	80	86	100	85

Выводы

В результате проведенного фиксированного пробега было выявлено:

- насыпная плотность уменьшилась с 440 кг/м³ до 415 кг/м³, в результате уменьшился выход порошкового полипропилена, средняя масса одной реакции – 2402 кг, что на 450-500 кг меньше, чем масса реакции при использовании основного катализатора;
- выработка порошкового полипропилена при использовании опытного образца катализатора за 12 часа составила 55 246 т, что на 11 132 т меньше, чем при использовании катализатора основного;
- расход TEAL уменьшился с 2,6 кг/ч до 2,5 кг/ч;
- предел текучести расплава упал с 2,4 г/10 мин до 2,1 г/10 мин;
- расход водорода увеличился в 1,48 раз, с 0,115 до 0,170 кг/ч;
- при проведении фиксированного пробега значимых отклонений в технологическом режиме и в физико-механических показателях произведенного

полипропилена не наблюдалось, режим работы установки был приближен к нормам технологического режима.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что опытный образец титаномагниевого катализатора более активный по сравнению с основным катализатором (меньше расход катализатора на 1 тонну произведенного полипропилена), но при этом получаемый порошковый полипропилен обладает меньшей насыпной плотностью и более низким показателем текучести расплава, что приводит к уменьшению производительности и высокому потреблению водорода установкой полимеризации полипропилена.

Список использованных источников

- 1 **Егоров, В. А.** Полипропилен. – М. : Химия, 1967. – 316 с.
- 2 **Лосев, И. П.** Химия синтетических полимеров. – М. : Химия 1971. – 617 с.
- 3 Установка полимеризации полипропилена. ТОО «Компания Нефтехим LTD». Технологический регламент, 2017. – 166 с.
- 4 ТОО «Компания Нефтехим LTD». Отчет фиксированного пробега установки полимеризации полипропилена, 2019. – 5 с.
- 5 ГОСТ 11645-73 Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов [Текст]. – М. : Издательство стандартов, 1994. – 10 с.
- 6 ГОСТ 11035.1-93 Пластмассы. Определение насыпной плотности формовочного материала. [Текст]. – М. : Издательство стандартов, 1994. – 4 с.
- 7 ГОСТ 11262-2017 Пластмассы. Метод испытания на растяжение [Текст]. – М. : Стандартинформ, 2018. – 20 с.
- 8 ГОСТ 9550-81 Пластмассы. Методы определения модуля упругости при сжатии и изгибе [Текст]. – М. : Издательство стандартов, 2004. – 7 с.
- 9 ГОСТ 19109-2017 Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Изоду [Текст]. – М. : Стандартинформ, 2018. – 13 с.
- 10 ГОСТ 26996-86 Полипропилен и сополимеры пропилена. Технические условия [Текст]. – М. : Издательство стандартов, 2002. – 36 с.

References

- 1 **Egorov, V. A.** Polipropilen. [Polypropylene]. – Moscow : Chemistry, 1967. – 316 p.
- 1 **Losev, I. P.** Himiya sinteticheskikh polimerov. [Chemistry of synthetic polymers]. – Moscow : Chemistry, 1971. – 617 p.
- 3 Ustanovka polimerizacii polipropilena. TOO «Kompaniya Neftekhim LTD». Tekhnologicheskij reglament. [Installation of polymerization of polypropylene. LLP «Company Neftekhim LTD». Technological regulations]. – 2017. – 166 p.
- 4 ТОО «Компания Нефтехим LTD». Otchet fiksirovannogo probega ustanovki polimerizacii polipropilena. [LLP «Company Neftekhim LTD». Report of the fixed mileage of the polypropylene polymerization plant]. – 2019. – 5 p.

5 GOST 11645-73 Plastmassy. Metod opredeleniya pokazatelya tekuchesti rasplava termoplastov [GOST 11645-73 Plastics. Determination of flow index of thermoplastics melt by extrusion plastometer]. – Moscow : Publishing house of standards, 1994. – 10 p.

6 GOST 11035.1-93 Plastmassy. Opredelenie nasyпноj plotnosti formovochnogo materiala, kotoryj prosypaetsya cherez special'nyuyu voronku [GOST 11035.1-93 Plastics. Determinations of apparent density of moulding materials that can be poured from a specified funnel]. – Moscow : Publishing house of standards, 1994. – 4 p.

7 GOST 11262-2017 Plastmassy. Metod ispytaniya na rastyazhenie [GOST 11262-2017 Plastics. Tensile test method]. – Moscow : Standartinform, 2018. – 20 p.

8 GOST 9550-81 Plastmassy. Metody opredeleniya modulya uprugosti pri szhatii i izgibe [GOST 9550-81 Plastics. Methods for determination of elasticity modulus at strength, compression and bending]. – Moscow : Publishing house of standards, 2004. – 7 p.

9 GOST 19109-2017 Plastmassy. Metod opredeleniya udarnoj vyazkosti po Izodu [GOST 19109-2017 Plastics. Method for determination of Izod impact strength]. – M. : Standartinform, 2018. – 13 p.

10 GOST 26996-86 Polipropilen i sopolimery propilena. Tekhnicheskie usloviya [GOST 26996-86 Polypropylene and copolymers of propylene. Specifications]. – Moscow : Publishing house of standards, 2002. – 36 p.

Материал поступил в редакцию 15.06.21.

Е. Ж. Слямов¹, *С. Р. Масакбаева²

^{1,2}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 15.06.21 баспаға түсті.

«КОМПАНИЯ НЕФТЕХИМ ЛТД» ЖШС ЖАҒДАЙЫНДА ПОЛИПРОПИЛЕНДІ ПОЛИМЕРЛЕУГЕ ТИТАН-МАГНИЙ КАТАЛИЗАТОРЫНЫҢ ӘСЕРІ

Полипропилен қасиеттердің бағалы үйлесіміне ие, оларды зерттеу макромолекулалық химия теориясы мен физика саласында, сондай-ақ полимерлі материалдарды өңдеу және қолдану саласында жұмыс істейтін көптеген зерттеушілердің назарын аударады.

Полимер тізбегінің молекулалық және супрамолекулалық құрылымы полипропилен мен одан жасалған бұйымдардың қасиеттеріне шешуші әсер етеді.

Полипропиленге өнеркәсіпте өндірілетін полимерлердің көпшілігіне қарағанда күрделі молекулалық құрылым тән, өйткені мономердің химиялық құрамынан, орташа молекулалық массадан және молекулалық массаның таралуынан басқа оның құрылымына бүйір топтардың кеңістікте орналасуы әсер етеді. негізгі тізбек. Техникалық тұрғыдан алғанда, ең маңызды және перспективалы болып изотактикалық полипропилен табылады. Стереоизомерлердің типі мен арақатынасына байланысты полипропиленнің қасиеттері кең ауқымда өзгереді.

Оларды өңдеу әдісі полимерлердің молекулалық құрылымына байланысты, бұл өз кезегінде дайын өнімнің қасиеттеріне әсер етеді. Полипропиленнің белгілі бір қасиетін зерттеу кезінде үлкен немесе аз факторлардың әсерін жоққа шығаруға болмайды, бұл бір жағынан пайдалы, өйткені бұл бір құбылысты әртүрлі көзқарастар бойынша бағалауға мүмкіндік береді және т.б. екіншісі, нәтижелерді салыстыру кезінде айтарлықтай қиындықтар туғызады. Мысалы, полипропиленнің созылу немесе иілу беріктігін зерттеу кезінде өткізгіштік коэффициенті әр түрлі молекулалық құрылымы бар үлгілерде әр түрлі әдістермен алуға болатын және әр түрлі етіп дайындаған шамалардың бірі ғана екенін есте ұстаған жөн. әдістер.

«Компания Нефтехим ЛТД» ЖШС-де полимерлеу сатысында катализаторларды ауыстыру және түйіршіктеу сатысында арнайы қоспалар қосу арқылы өндірілетін полипропиленнің сапасын жақсарту және ассортиментін кеңейту бойынша жұмыс жүргізілуде. Нәтижелерді бақылау үшін компанияның жеке зертханасы бар.

Кілтімі сөздер: полимерлеу, полипропилен, титан-магний катализаторы.

E. Zh. Slyamov¹, *S. R. Massakbayeva²

^{1,2}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 15.06.21.

THE EFFECT OF A TITANOMAGNESIUM CATALYST ON THE POLYMERIZATION OF POLYPROPYLENE IN THE CONDITIONS OF «COMPANY NEFTEKHIM LTD» LLP

Polypropylene possesses a valuable combination of properties, the study of which attracts the attention of many researchers working in the field of chemistry and physics of macromolecules, as well as in the field of processing and application of polymeric materials.

The molecular and supramolecular structure of the polymer chain has a decisive influence on the properties of polypropylene and polypropylene products.

Polypropylene has a more complex molecular structure than most industrial polymers, because in addition to the chemical composition, average molecular weight and molecular weight distribution of the monomer, its structure is influenced by the arrangement of side groups in space. main circuit. From a technical point of view, the most important and promising is isotactic polypropylene. Depending on the type and ratio of stereoisomers, the properties of polypropylene vary greatly.

The way they are processed depends on the molecular structure of the polymers, which, in turn, affects the properties of the finished product. When studying certain properties of polypropylene, one cannot exclude the influence of large or small factors, which is partly useful, since it allows one and the same phenomenon to be evaluated from different points of view, and so on. the second presents significant difficulties in comparing the results. For example, when studying the tensile or flexural strength of polypropylene, it should be borne in mind that conductivity is only one of the values that can be obtained by different methods and prepared in different ways in samples with different molecular structures. methods.

LLC Neftekhim is working to improve the quality and expand the range of produced polypropylene by replacing catalysts at the polymerization stage and adding special additives at the granulation stage. The company has its own laboratory to monitor the results.

Keywords: polymerization, polypropylene, titanium-magnesium catalyst.

СВЕДЕНИЯ О АВТОРАХ

Абсолямова Динара Ризахметқызы, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, absolyamova.d@mail.ru

Абсолямова Динара Ризахметовна, магистр, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

Absolyamova Dinara Rizakhmetovna, master, senior teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, city, Republic of Kazakhstan, e-mail: absolyamova.d@mail.ru

Абуова Акбала Камидоллаевна, доцент, қауымд. профессор, Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: akbala86@gmail.com

Абуова Акбала Камидоллаевна, доцент, ассоц. профессор, Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, 050000, Казахстан, e-mail: akbala86@gmail.com

Abuova Akbala Kamidollaevna, docent, associate professor, Kazakh University Ways of Communications, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: akbala86@gmail.com

Акшореева Гаухар Дуйсенғалиевна, техникалық ғылымдар магистрі, «Тамақ және қайта өңдеу өндірісінің технологиясы» кафедрасы, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru

Акшореева Гаухар Дуйсенғалиевна, магистр, кафедра «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллин, г. Нұр-Сұлтан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru

Akshoraeva Gaukhar Duysengaliyevna, Master, Department «Technology of food and processing industries», Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: gaukhar_01.88@mail.ru

Аятова Әлия Жұмағазықызы, бас маман, «Ұлттық сараптау және сертификаттау орталығы» АҚ Павлодар филиалы, Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы, e-mail: aliya.pvl7777@mail.ru

Аятова Әлия Жұмағазыновна, главный специалист, Павлодарский филиал, АО «Национальный центр экспертизы и сертификации», г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан, e-mail: aliya.pvl7777@mail.ru

Ayatova Aliya Zhumagazyynovna, chief specialist Pavlodar branch, JSC «National Center for Expertise and Certification», Pavodar, 140000, Republic of Kazakhstan, e-mail: aliya.pvl7777@mail.ru

Базенов Габит Максұтович, «StrauB» ЖШС, директор, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, straub.pv@mail.ru

Базенов Габит Максұтович, директор, ТОО «StrauB», г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: straub.pv@mail.ru

Bazenov Gabit Maksutovich, Director, «StrauB» LLP, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: straub.pv@mail.ru

Қудрышова Баян Чикеновна, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Инженерлік факультеті, Торайғыров университеті,

Қудрышова Баян Чикеновна, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет,

Bayan Chikenovna Kudryshova, Candidate of technical Sciences, Associate Professor, Faculty of Engineering Toraighyrov University, Pavlodar, 140008,

Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bkudryshova@mail.ru

г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bkudryshova@mail.ru

Republic of Kazakhstan, e-mail: bkudryshova@mail.ru

Богомолов Алексей Витальевич, техникалық ғылымдар кандидаты, профессор, «Металлургия» кафедрасы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: bogomolov71@mail.ru

Богомолов Алексей Витальевич, кандидат технических наук, профессор, кафедра «Металлургия», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: bogomolov71@mail.ru

Bogomolov Alexey V., Candidate of Technical Sciences, professor, Metallurgy department, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: bogomolov71@mail.ru

Болатұлы Әнуар, магистрант, «Металлургия» мамандығы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: anukkk1987@mail.ru

Болатұлы Ануар, магистрант, специальность «Металлургия», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: anukkk1987@mail.ru

Bolatuly Anuar, undergraduate student, speciacity «Metallurgy», Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: anukkk1987@mail.ru

Быков Петр Олегович, техника ғылыми кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Bykov_petr@mail.ru

Быков Петр Олегович, кандидат технических наук, профессор, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан, e-mail: Bykov_petr@mail.ru

Bykov Petr Olegovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, 140008, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, e-mail: Bykov_petr@mail.ru

Виктор Тадеушевич Станевич, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерлік факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: svt_18@mail.ru

Станевич Виктор Тадеушевич, кандидат технических наук, профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: @mail.ru

Stanevich Viktor Tadeushevich, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: svt_18@mail.ru

Годына Николай Николаевич, техника ғылымдарының кандидаты, профессоры, Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы

Годына Николай Николаевич, кандидат технических наук, профессор, Инновационный Евразийский университет г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

Godyna Nikolai Nokolayevich, Candidate of Technical Sciences, professor, Innovative University of Eurasia, 140008, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

Дайров Даурен Кабдилманович, магистрант, Инженерлік факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: dairoff_dauren93@mail.ru

Дайров Даурен Кабдилманович, магистрант, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: dairoff_dauren93@mail.ru

Dairov Dauren, undergraduate student, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: dairoff_dauren93@mail.ru

Деревягин Сергей Иванович, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ser_der56@mail.ru

Деревягин Сергей Иванович, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Факультет Инженерии, Торайғыров Университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ser_der56@mail.ru

Derevyagin Sergei Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ser_der56@mail.ru

Жетубаева Назигуль Кайратовна, магистр, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: 86nazik86@mail.ru

Жетубаева Назигуль Кайратовна, магистр, Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: 86nazik86@mail.ru

Zhetubayeva Nazigul Kairatovna, master, Faculty of Natural Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: 86nazik86@mail.ru

Жолдасова Айнагуль Турсуновна, магистрант, «Құрылыс» мамандығы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zholdassovakz@mail.ru

Жолдасова Айнагуль Турсуновна, магистрант, специальность «Строительство», Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zholdassovakz@mail.ru

Zholdassova Ainagul Tursunovna, undergraduate student, speciality «Construction», Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: zholdassovakz@mail.ru

Жунусов Аблай Каиртасұлы, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Жунусов Аблай Каиртасович, кандидат технических наук, профессор, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, 140008, г. Павлодар, Республика Казахстан, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Zhunusov Ablay Kairtasovich, Candidate of Technical Sciences, professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, 140008, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhunusov_ab@mail.ru

Зарипов Рамис Юрисович, магистр, оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров Университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

Зарипов Рамис Юрисович, магистр, преподаватель, Факультет Инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

Zaripov Ramis Yurisovich, Master, lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: ramis.zaripov@mail.ru

Идрисов Гани Балтабайұлы, инженер, Жоспарлау-техникалық бөлімі, «Астанаинжкомстрой» ЖШС, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: gani1986-86@mail.ru

Идрисов Гани Балтабаевич, инженер, Планово-технический отдел, ТОО «Астанаинжкомстрой», г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: gani1986-86@mail.ru

Idrisov Gani Baltabayevich, engineer, Planning and Technical Department, «Astanainzhkomstroy» LLP, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: gani1986-86@mail.ru

Имангазинова Динара Балгабековна, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: imangazinovad@mail.ru

Имангазинова Динара Балгабековна, магистр, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: imangazinovad@mail.ru

Imangazinova Dinara Balgabekovna, Master, senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: imangazinovad@mail.ru

Какенова Алуа Сабидуллақызы магистрант, Мұнай газ инженерия мамандығы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: s.alua.s@mail.ru

Какенова Алуа Сабидуллақызы, магистрант, специальность Нефтегазовая инженерия, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: s.alua.s@mail.ru

Kakenova Alua Sabidullakyzu, undergraduate student, speciality of Oil and Gas Engineering, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: s.alua.s@mail.ru

Какимов Мухтарбек Муханович, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Тамақ және қайта өңдеу өндірісінің технологиясы» кафедрасы, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр - Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: muhtarbek@mail.ru

Какимов Мухтарбек Муханович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллин, г. Нұр-Сұлтан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: muhtarbek@mail.ru

Kakimov Mukhtarbek Mukhanovich, PhD, Associate Professor, Department «Technology of food and processing industries», Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000 Republic of Kazakhstan, e-mail: muhtarbek@mail.ru

Кенжанова Менсулу Манарбековна, магистрант, Мұнай газ инженерия мамандығы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Mena-1997@list.ru

Кенжанова Менсулу Манарбековна, магистрант, специальность Нефтегазовая инженерия, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: Mena-1997@list.ru

Kenzhanova Mensulu Manarbekovna, undergraduate student, speciality Oil and Gas Engineering, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Mena-1997@list.ru

Ковтарева Светлана Юрьевна, Органикалық заттардың химиялық

Ковтарева Светлана Юрьевна, магистр химической технологии органических

Kovtareva Svetlana Yuryevna, Master in Chemical Technology of Organic Substances, senior

технологиясының магистрі, аға оқытушы, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: kovtar_sw@mail.ru

веществ, ст. преподаватель, Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: kovtar_sw@mail.ru

lecturer, Faculty of Natural Science, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: kovtar_sw@mail.ru

Котова Мария Иннокентьевна, техникалық ғылымдарының докторы, профессор, Математика және математикалық модельдеу институты, Алматы қ., 050032, Қазақстан Республикасы, e-mail: mail.enu@mail.ru

Котова Мария Иннокентьевна, доктор технических наук, профессор, Институт математики и математического моделирования, г. Алматы, 050032, Республика Казахстан, e-mail: mail.enu@mail.ru

Kotova Maria Innokentyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Mathematics and Mathematical Modeling, Almaty, 050032, Republic of Kazakhstan, e-mail: mail.enu@mail.ru

Куандыков Алмаз Болатович, докторант, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: azeka200892@mail.ru

Куандыков Алмаз Болатович, докторант, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: azeka200892@mail.ru

Kuandykov Almaz Bolatovich, doctoral student, Faculty of Engineering, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: azeka200892@mail.ru

Маликов Александр Геннадьевич, техника ғылымдарының кандидаты, ғылыми қызметкер, С. А. Христианович атындағы теориялық және қолданбалы механика институты, Ресей Ғылым академиясының Сібір бөлімшесі, Новосибирск қ., 630090, Ресей Федерациясы

Маликов Александр Геннадьевич, кандидат технических наук, научный сотрудник, Институт теоретической и прикладной механики имени С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, 630090, Российская Федерация

Malikov Alexander Gennadievich, Candidate of Technical Sciences, Researcher, S. A. Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Масакбаева Софья Руслановна, химия ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор (доцент), Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: sofochka184@mail.ru

Масакбаева Софья Руслановна, кандидат химических наук, профессор (доцент), Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: sofochka184@mail.ru

Massakbayeva Sofya Ruslanovna, Candidate of Chemical Sciences, associate professor, Faculty of Natural Science, Toraigyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: sofochka184@mail.ru

Мироненко Ирина Михайловна, техника ғылымдарының кандидаты, зертхана меңгерушісі, ФМБФМ

Мироненко Ирина Михайловна, кандидат технических наук, заведующая лаборатории, ФГБНУ

Mironenko Irina, PhD, Head of the Laboratory, FSU «Research Institute of Siberian cheese processing», Barnaul, Russian

«Сібір ірімшік өндеу ҒЗИ»,
Барнаулк., Ресей Федерациясы,
e-mail: mironenro_irina@mail.ru

«Сибирский НИИ сыроделия»,
г. Барнаул, Российская
Федерация, e-mail: mironenro_
irina@mail.ru

Federation, e-mail: mironenro_
irina@mail.ru

Муканов Руслан Батырбекович, магистр,
аға оқытушы, Инженерия
факультеті, Торайғыров
университеті, Павлодар
қ., 140008, Қазақстан
Республикасы, e-mail:
Ruslangr82@mail.ru

Муканов Руслан Батырбекович, магистр, ст.
преподаватель, Факультет
инженерии, Торайғыров
университет, г. Павлодар,
140008, Республика Казахстан,
e-mail: Ruslangr82@mail.ru

Mukanov Ruslan Baturbekovitch, Master,
Senior lecturer, Faculty of
Engineering, Toraighyrov
University, Pavlodar, 140008,
Republic of Kazakhstan, e-mail:
Ruslangr82@mail.ru

Мустафин Адильбек Хамзинович, техника
ғылымдарының кандидаты,
профессор, Инженерия
факультеті, Торайғыров
университеті, Павлодарқ.,
140008, Қазақстан
Республикасы, e-mail:
Mustafin-51@mail.ru

Мустафин Адильбек Хамзинович, кандидат
технических наук, профессор,
Факультет инженерии,
Торайғыров университет,
г. Павлодар, 140008,
Республика Казахстан, e-mail:
Mustafin-51@mail.ru

Mustafin Adilbek Hamzinovich, Candidate of
Technical Sciences, Faculty
of Engineering, Toraighyrov
University, Pavlodar, 140008,
Republic of Kazakhstan, e-mail:
Mustafin-51@mail.ru

Несмеянова Римма Михайловна, профессор,
қауымд. профессор (доцент),
Жаратылыстану ғылымдары
факультеті, Торайғыров
университеті, Павлодар қ.,
140008, Қазақстан
Республикасы, e-mail: nesm_r@
mail.ru

Несмеянова Римма Михайловна, кандидат
химических наук, ассоц.
профессор (доцент),
Факультет естественных наук,
Торайғыров университет,
г. Павлодар, 140008,
Республика Казахстан, e-mail:
nesm_r@mail.ru

Nesmeyanova Rimma Mikhailovna, Candidate of
Chemical Science, professor,
associate professor, Faculty of
Natural Science, Toraighyrov
University, Pavlodar, 140008,
Republic of Kazakhstan, e-mail:
nesm_r@mail.ru

Нуртаева Айнуր Болатбековна, техника
ғылымдарының кандидаты,
аға оқытушы, «Тамақ және
қайта өндеу өндірісінің
технологиясы» кафедрасы,
Техникалық факультеті,
С. Сейфуллин атындағы Қазак
агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000,
Қазақстан Республикасы,
e-mail: Ainur_78.05@mail.ru

Нуртаева Айнуր Болатбековна, кандидат
технических наук, ст.
преподаватель, кафедра
«Технология пищевых
и перерабатывающих
производств», Технический
факультет, Казахский
агротехнический университет
имени С. Сейфуллин,
г. Нұр-Сұлтан, 010000,
Республика Казахстан, e-mail:
Ainur_78.05@mail.ru

Nurtaeva Ainur Bolatbekovna,
Candidate of Technical Sciences,
Senior Lecturer, Department
of «Technology of food and
processing industries», Technical
Faculty, S. Seifullin Kazakh
AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic
of Kazakhstan, e-mail:
Ainur_78.05@mail.ru

Сейтенова Гайни Жумагалиевна, химия
ғылымдарының кандидаты,
профессор, Инженерия

Сейтенова Гайни Жумагалиевна, кандидат
химических наук, профессор,
Факультет инженерии,

Seitenova Gaini Zhumagalievna,
Candidate of Technical Sciences,
Faculty of Engineering,
Toraighyrov University,

факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: gaini-chemistry@mail.ru

Сембаев Нурболат Сәкенұлы, техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Сембаев Нурболат Сакенович, кандидат технических наук, ассоц. профессор, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Sembayev Nurbolat Sakenovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: n.sembaev@mail.ru

Слямв Ергазы Жумагазыевич, магистр, Жаратылыстану ғылымдары факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: dj.era1995@gmail.com

С л я м о в Е р г а з ы Жумагазыевич, магистр, Факультет естественных наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: dj.era1995@gmail.com

Slyamov Yergazi, Master, Faculty of Natural Science, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic Kazakhstan, e-mail: dj.era1995@gmail.com

Смагулова Зауреш Турсыхановна, аға ғылыми қызметкер, «Сүт және сүт өнімдер технологиясы» зертханасы, «Қазақ өнеркәсіпті қайта өңдеу және азықтық ғылыми-зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Семей қ., 071410, Қазақстан Республикасы, e-mail: zaure665@mail.ru

Смагулова Зауреш Турсыхановна, ведущий научный сотрудник, СФ ТОО «Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности», г. Семей, 071410, Республика Казахстан, e-mail: zaure665@mail.ru

Smagulova Zauresh, Senior Researcher, SF LLP «Kazakh Research Institute of Food and Processing Industry», Republic of Kazakhstan, Semey, 071410, Republic of Kazakhstan, e-mail: zaure665@mail.ru

Стаценко Сергей Анатольевич, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы

Стаценко Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, профессор, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

Statsenko Sergei Anatoliyevich, Candidate of Technical Sciences, professor, Innovative University of Eurasia, 140008, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

Судейменов Ансаган Дюсембаевич, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Судейменов Ансаган Дюсембаевич, магистр, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Suleimenov Ansagan Dyusembaevich, Master, Senior lecturer, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: Ansar_muslim_91@mail.ru

Суханова Жанель Гинатоллаевна, инженер, машина жасау кешені, «KSP Steel» ЖШС ПФ, Павлодар қ., 140027, Қазақстан Республикасы, e-mail: suhanova.janel@yandex.ru

Суханова Жанель Гинатоллаевна, инженер, ПФ ТОО «KSPSteel», г. Павлодар, 140027, Республика Казахстан, e-mail: suhanova.janel@yandex.ru

Suhanova Zhanel Ginatollaevna, engineer, machine complex, LLP PB «KSP Steel», Pavlodar, 140027, Republic of Kazakhstan, e-mail: suhanova.janel@yandex.ru

Тусунбекова Марал Жанболатқызы, магистр, аға оқытушы, Инженерия факультеті, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: make.t.08@mail.ru

Тусунбекова Марал Жанбулатовна, магистр, ст. преподаватель, Факультет инженерии, Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: make.t.08@mail.ru

Tussupbekova Maral Zhanbolatovna, Master, senior teacher, Faculty of Engineering, Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: make.t.08@mail.ru

Украинец Анна Витальевна, магистрант, «Өнеркәсіптік және азаматтық құрылыс» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: annaannapick@mail.ru

Украинец Анна Витальевна, магистрант, Кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: annaannapick@mail.ru

Ukrainets Anna, undergraduate student, Department of «Industrial, Civil and Transport Construction», Toraighyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: annaannapick@mail.ru

Утарова Назира Бахытжановна, докторант, 1-курс, «Тамақ өнімдерінің технологиясы» мамандығы, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: nazkon88@mail.ru

Утарова Назира Бахытжановна, докторант, 1-курс, специальность «Технология пищевых производств», Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нұр-Сұлтан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: nazkon88@mail.ru

Utarova Nazira Bakhytzhonovna, doctoral student, 1st year, specialty «Technology of food production», Faculty of Technology, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: nazkon88@mail.ru

Шабенов Канат Кауржанұлы, техника ғылымдарының кандидаты, директор, машина жасау кешені, «KSPSteel» ЖШС ПФ, г. Павлодар қ., 140027, Қазақстан Республикасы, e-mail: Shabenov_k@ksp-steel.kz

Шабенов Канат Кауржанович, кандидат технических наук, директор, машиностроительный комплекс, ПФ ТОО «KSPSteel», г. Павлодар, 140027, Республика Казахстан, e-mail: Shabenov_k@ksp-steel.kz

Shabenov Kanat Kairzhanovich, Candidate of Technical Sciences, director, machine complex, LLP PB «KSP Steel», Pavlodar, 140027, Republic of Kazakhstan, e-mail: Shabenov_k@ksp-steel.kz

Шалабаева Майра Құсайынқызы, докторант, «Автоматтандыру және басқару» мамандығы, Қазақ

Шалабаева Майра Хусаиновна, докторант, специальность «Автоматизация и управление», Казахский

Shalabayeva Maira Husainovna, doctoral student, Studentin Automation and Management, Kazakh University Ways of

қатынас жолдары университеті, Алматы қ., 050000, Қазақстан Республикасы, e-mail: m.shalabaeva@mail.ru

университет путей сообщения, г. Алматы, 050000, Республика Казахстан, e-mail: m.shalabaeva@mail.ru

Communications, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan, e-mail: m.shalabaeva@mail.ru

Шулятьев Виктор Борисович, техника ғылымдарының докторы, аға ғылыми қызметкер, С. А. Христианович атындағы теориялық және қолданбалы механика институты, Ресей Ғылым академиясының Сібір бөлімшесі, Новосибирск қ., 630090, Ресей, Федерациясы

Шулятьев Виктор Борисович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Институт теоретической и прикладной механики имени С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, 630090, Российская Федерация

Shulyatyev Viktor Borisovich, Doctor of Technical Sciences, senior researcher, S. A. Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Ыбыраева Елена Муратқызы, педагогика ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, «Сәулет және дизайн» кафедрасы, Торайғыров университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: yel_ana@mail.ru

Ибраева Елена Муратовна, кандидат педагогических наук, ассоц. профессор, Кафедра «Архитектура и дизайн», Торайғыров университет, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: yel_ana@mail.ru

Ibrayeva Yelena Muratovna, Candidate of Pedagogical Sciences, associate professor, Department of «Architecture and Design», Toraihyrov University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: yel_ana@mail.ru

Тоқышева Гүлжан Мақсұтқызы, докторант, «Азық-түлік өнімдерінің технологиясы» мамандығы, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: tokisheva_g@mail.ru

Тоқышева Гүлжан Мақсұтовна, докторант, специальность «Технология продовольственных продуктов», Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: tokisheva_g@mail.ru

Tokysheva Gukzhan Maksutovna, doctoral student, speciality of «Technology of food products», Rechnical Faculty, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: tokisheva_g@mail.ru

Мақанғали Қадыржан Қонысбайұлы, ассистент, «Тағам және қайта өңдеу өндірісінің технологиясы» кафедрасы, Техникалық факультеті, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы, e-mail: kadr_90.taz@mail.ru

Мақанғали Қадыржан Қонысбайұлы, ассистент, кафедра «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Технический факультет, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан, 010000, Республика Казахстан, e-mail: kadr_90.taz@mail.ru

Makangali Kadyrzhan Konysbayuly, assistant, Department «Technology of Food and Processing Industries», Technical Faculty, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan, e-mail: kadr_90.taz@mail.ru

Чайкин Владимир Андреевич, техника ғылымдарының докторы, профессор, Г. И. Носов атындағы Магнитогорск мемлекеттік техникалық университеті, Магнитогорск қ., 455000, Ресей Федерациясы, e-mail: mgtu@magtu.ru

Чайкин Владимир Андреевич, доктор технических наук, профессор, Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова, г. Магнитогорск, 455000, Российская Федерация, e-mail: mgtu@magtu.ru

Chaikin Vladimir Andreevich, Doctor of Technical Science, profesor, G. I. Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, 455000, Russian Federation, e-mail: mgtu@magtu.ru

Чайкин Андрей Владимирович, техника ғылымдарының кандидаты, техникалық директор, «Металлург» ЖШС, Сафоново қ., 215505, Ресей Федерациясы, e-mail: sro_ral@mail.ru

Чайкин Андрей Владимирович, кандидат технических наук, технический директор, ООО «Металлург», г. Сафоново, 215505, Российская Федерация, e-mail: sro_ral@mail.ru

Chaikin Andrey Vladimirovich, candidate of technical sciences, technical director, LLP «Metallurg», Safonovo, 215505, Russian Federation, e-mail: sro_ral@mail.ru

Балабаев Оюм Темирғалиевич, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Жол-көлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: balabaev.ot@mail.ru

Балабаев Оюм Темирғалиевич, кандидат технических наук, доцент, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: balabaev.ot@mail.ru

Balabaev Oyum Temirgalievich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: balabaev.ot@mail.ru

Аскаров Бахтияр Шарapidенович, PhD, Жол-көлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: bahtiyar_askarov@mail.ru

Аскаров Бахтияр Шарapidенович, PhD, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: bahtiyar_askarov@mail.ru

Askarov Bakhtiyar Sharapidenovich, PhD, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: bahtiyar_askarov@mail.ru

Арынгазы Гүлнәр, магистрант, Жол-көлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: gulnar_aryngazy@mail.ru

Арынгазы Гүлнәр, магистрант, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: gulnar_aryngazy@mail.ru

Aryngazy Gulnar, undergraduate student, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: gulnar_aryngazy@mail.ru

Қайырбеков Салауат Еркінбекұлы, магистрант, Жол-көлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: salauat_97_10@mail.ru

Қайырбеков Салауат Еркінбекұлы, магистрант, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: salauat_97_10@mail.ru

Kaurybekov Salauat Yerkinbekuly, undergraduate student, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: salauat_97_10@mail.ru

Ахаев Асанәлі Асхатұлы, магистрант, Жол-көлік факультеті, Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., 100000, Қазақстан Республикасы, e-mail: asan.akhaev@mail.ru

Ахаев Асанәлі Асхатұлы, магистрант, Транспортно-дорожный факультет, Карагандинский технический университет, г. Караганда, 100000, Республика Казахстан, e-mail: asan.akhaev@mail.ru

Akhaev Asanali Askhatuly, master's degree, Transport and Road Faculty, Karaganda Technical University, Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan, e-mail: asan.akhaev@mail.ru

Сахиев Абылай Айдарбекұлы, магистр, менеджер, Сату бөлімі, «Самғау» ЖШС, Қызылорда қ., 120016, Қазақстан Республикасы, e-mail: sakhiyev.abylay@mail.ru

Сахиев Абылай Айдарбекулы, магистр, венеджерб отдел продаж, ТОО «Самғау», г. Кызылорда, 120016, Республика Казахстан, e-mail: sakhiyev.abylay@mail.ru

Sakhiyev Abylay Aidarbekuly, Master, Manager, Sales Department, Sangau LLP, Kyzylorda, 120016, Republic of Kazakhstan, e-mail: sakhiyev.abylay@mail.ru

Даххам Аббас, магистр, басшысы, Сату бөлімі, «Автотрейдинг и Сервис LTD», Бағдат қ., 10001, Ирак, e-mail: abbas.dahham2015@gmail.com

Даххам Аббас, магистр, руководитель, отдел продаж, «Автотрейдинг и Сервис LTD», г. Багдад, 10001, Ирак, e-mail: abbas.dahham2015@gmail.com

Abbas Dahham, Master, Head of Sales Department, Automobile Trading & Service LTD, Baghdad, 10001, Iraq, e-mail: abbas.dahham2015@gmail.com

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА
«НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

***В номер допускается не более одной рукописи от одного автора либо того же автора в составе коллектива соавторов.**

***Количество соавторов одной статьи не более 5.**

***Степень оригинальности статьи должна составлять не менее 60 %.**

***Направляемые статьи не должны быть ранее опубликованы, не допускается последующее опубликование в других журналах, в том числе переводы на другие языки.**

***Решение о принятии рукописи к опубликованию принимается после проведения процедуры рецензирования.**

***Рецензирование проводится конфиденциально («двустороннее слепое рецензирование»), автору не сообщается имя рецензента, а рецензенту – имя автора статьи.**

***Статьи отправлять вместе с квитанцией об оплате. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.**

*** Оплата за статью не возвращается в случае, если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирования 1 раз.**

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии
со следующими правилами:**

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **12 страниц печатного текста**. *Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).*

Структура научной статьи включает название, аннотации, ключевые слова, основные положения, введение, материалы и методы, результаты и обсуждение,

заключение, выводы, информацию о финансировании (при наличии), список литературы (используемых источников) к каждой статье, включая романизированный (транслитерированный латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) см. *ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом.*

Статья должна содержать:

1 **МРНТИ** (Межгосударственный рубрикатор научной технической информации);

2 **DOI** – после МРНТИ в верхнем правом углу (присваивается и заполняется редакцией журнала);

3 **Фамилия, имя, отчество** (полностью) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*жирным шрифтом, по центру*);

4 **Ученая степень, ученое звание;**

5 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, почтовый индекс, страна) – на казахском, русском и английском языках;

6 **E-mail;**

7 **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (*не более 12 слов, прописными буквами, жирным шрифтом, по центру, на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий*);

8 **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском либо немецком языках (*рекомендуемый объем аннотации – не менее 150, не более 300 слов, курсив, нежирным шрифтом, кегль – 12 пунктов, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

9 **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (*оформляются на трех языках: русский, казахский, английский либо немецкий; кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 1 см.*). Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (*см. образец*);

10 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- **Введение / Kіріспе / Introduction** (*абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов*). Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.

- **Материалы и методы** (*абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов*). Должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

- **Результаты и обсуждение** (*абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов*). Приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами, анализами и выводами.

- **Информацию о финансировании** (*при наличии*) (*абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов*).

- **Выводы / Қорытынды / Conclusion** (*абзац 1 см по левому краю, жирными буквами, кегль – 14 пунктов*).

Выводы – обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

- **Список использованных источников / Пайдаланған деректер тізімі / References** (*жирными буквами, кегль – 14 пунктов, в центре*) включает в себя:

Статья и список использованных источников должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (*см. образец*).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами читателям для ознакомления, как смежные работы, проводимые параллельно. Объем не менее 10 не более чем 20 наименований (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). В случае наличия в списке использованных источников работ, представленных на кириллице, необходимо представить список литературы в двух вариантах: первый – в оригинале, второй – романизированный (транслитерация латинским алфавитом) вариант написания источников на кириллице (на казахском и русском языках) *см. ГОСТ 7.79–2000 (ИСО 9–95) Правила транслитерации кирилловского письма латинским алфавитом*.

Романизированный список литературы должен выглядеть следующим образом:

автор(-ы) (транслитерация) → название статьи в транслитерированном варианте → [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках] → название казахоязычного либо русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название – если есть) → выходные данные с обозначениями на английском языке.

11 Иллюстрации, перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В электронном варианте приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (номер телефона для связи редакции с авторами, не публикуются):

Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Фамилия Имя Отчество (полностью)		
Должность, ученая степень, звание		
Организация		
Город		
Индекс		
Страна		
E-mail		
Телефон		

Информация для авторов

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

Если статья отклонена антиплагиатом или рецензентом статья возвращается автору на доработку. Автор может повторно отправить статью на антиплагиат или рецензирование 1 раз. За содержание статьи несет ответственность Автор.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально)

Сроки подачи статьи:

- первый квартал до 10 февраля;
- второй квартал до 10 мая;
- третий квартал до 10 августа;
- четвертый квартал до 10 ноября.

Статьи отправлять вместе с квитанцией об оплате. Стоимость публикации в журнале за страницу 1000 (одна тысяча) тенге, включая статьи магистрантов и докторантов в соавторстве с лицами с ученой степенью.

Статью (электронную версию, и квитанции об оплате) следует направлять на почту: nitk.tou.edu.kz. Для подачи статьи на публикацию необходимо пройти регистрацию на сайте.

140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

НАО «Торайгыров университет»,

Издательство «Toraighyrov University», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: nitk.tou.edu.kz.

Наши реквизиты:

НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	НАО «Торайгыров университет» РНН 451800030073 БИН 990140004654	Приложение kasp.kz Платежи – Образование – Оплата за ВУЗы – Заполняете все графы (в графе Факультет укажите «За публикацию в научном журнале, название журнала и серии»)
АО «Jýsan Bank» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZKZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861	

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

МРНТИ 14.37.27

DOI xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

С. К. Антикеева

Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ
СОЦИАЛЬНЫХ РАБОТНИКОВ ЧЕРЕЗ КУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ**

В данной статье представлена теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, которая разработана в рамках докторской диссертации «Формирование личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации». В статье приводятся педагогические аспекты самого процесса моделирования, перечислены этапы педагогического моделирования. Представлены методологический, процессуальный (технологический) и инструментальный уровни модели, ее цель, мониторинг сформированности искомых компетенций, а также результат. В модели показаны компетентностный, личностно-ориентированный и практико-ориентированный педагогические подходы, закономерности, принципы, условия формирования выбранных компетенций; описаны этапы реализации процесса формирования, уровни сформированности личностных и профессиональных компетенций. В разделе практической подготовки предлагается интерактивная работа в системе слушатель-преподаватель-группа, подразумевающая личное участие каждого специалиста, а также открытие первого в нашей стране Республиканского общественного объединения «Национальный альянс профессиональных социальных работников». Данная модель подразумевает под собой дальнейшее совершенствование и самостоятельное развитие личностных и профессиональных компетенций социальных работников. Это позволяет увидеть в модели эффективность реализации курсов повышения квалификации, формы, методы и средства работы.

Ключевые слова: теоретическая модель, компетенции, повышение квалификации, социальные работники.

Введение

Социальная работа – относительно новая для нашей страны профессия. Поэтому обучение социальных работников на современной стадии не характеризуется наличием достаточно разработанных образовательных стандартов, которые находили бы выражение в формулировке педагогических целей, в содержании, технологиях учебного процесса.

Продолжение текста публикуемого материала

Материалы и методы

Теоретический анализ научной психолого-педагогической и специальной литературы по проблеме исследования; анализ законодательных и нормативных документов по открытию общественных объединений; анализ содержания программ курсов повышения квалификации социальных работников; моделирование; анализ и обобщение педагогического опыта; опросные методы (беседа, анкетирование, интервьюирование); наблюдение; анализ продуктов деятельности специалистов; эксперимент, методы математической статистики по обработке экспериментальных данных.

Продолжение текста публикуемого материала

Результаты и обсуждение

Чтобы понять объективные закономерности, лежащие в основе процесса формирования и развития личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации, необходимо четко представлять себе их модель.

Продолжение текста публикуемого материала

Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что теоретическая модель формирования личностных и профессиональных компетенций социальных работников через курсы повышения квалификации содержит три уровня ее реализации.

Продолжение текста публикуемого материала

Список использованных источников

- 1 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : сущность, эффективность и неопределенность [Текст] // Педагогика. – 2003. – № 4. – С. 22.
- 2 **Кузнецова, А. Г.** Развитие методологии системного подхода в отечественной педагогике : монография [Текст]. – Хабаровск : Изд-во ХК ИППК ПК, 2001. – 152 с.
- 2 **Каропа, Г. Н.** Системный подход к экологическому образованию и воспитанию (На материале сельских школ) [Текст]. – Минск, 1994. – 212 с.
- 4 **Штофф, В. А.** Роль моделей в познании [Текст] – Л. : ЛГУ, 1963. – 128 с.
- 5 **Таубаева, Ш.** Методология и методика дидактического исследования : учебное пособие [Текст]. – Алматы : Казак университеті, 2015. – 246 с.
- 6 **Дахин, А. Н.** Моделирование компетентности участников открытого образования [Текст]. – М. : НИИ школьных технологий 2009. – 290 с.
- 7 **Дахин, А. Н.** Моделирование в педагогике [Текст] // Идеи и идеалы. – 2010. – № 1(3). – Т. 2 – С. 11–20.
- 8 **Дахин, А. Н.** Педагогическое моделирование : монография [Текст]. – Новосибирск : Изд-во НИПКиПРО, 2005. – 230 с.
- 9 **Аубакирова, С. Д.** Формирование деонтологической готовности будущих педагогов к работе в условиях инклюзивного образования : дисс. на соиск. степ. д-ра филос. (PhD) по 6D010300 – Педагогика и психология [Текст] – Павлодар, 2017. – 162 с.

10 **Арын, Е. М., Пфейфер, Н. Э., Бурдина, Е. И.** Теоретические аспекты профессиональной подготовки педагога XXI века : учеб. пособие [Текст]. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова; СПб. : ГАФКиС им. П. Ф. Лесгафта, 2005. – 270 с.

References

1 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : suschnost, effektivnost i neopredelennost [Pedagogical modeling : essence, effectiveness, and uncertainty] [Text]. In Pedagogy. – 2003. – № 4. – P. 22.

2 **Kuznetsova, A. G.** Razvitie metodologii sistemnogo podhoda v otechestvennoi pedagogike [Development of the system approach methodology in Russian pedagogy : monograph] [Text]. – Khabarovsk : Izd-vo KhK IPPK PK, 2001. – 152 p.

3 **Каропа, G. N.** Sistemnyi podhod k ekologicheskomu obrazovaniyu i vospitaniyu (Na materiale selskih shkol) [The systematic approach to environmental education and upbringing (Based on the material of rural schools)] [Text] – Minsk, 1994. – 212 p.

4 **Shtoff, V. A.** Rol modelei v poznanii [The role of models in cognition] [Text] – L. : LGU, 1963. – 128 p.

5 **Taubayeva, Sh.** Metodologiya i metodika didakticheskogo issledovaniya : uchebnoe posobie [Methodology and methods of educational research : a tutorial] [Text] – Almaty : Kazak University, 2015. – 246 p.

6 **Dahin, A. N.** Modelirovanie kompetentnosti uchastnikov otkrytogo obrazovaniya [Modeling the competence of open education participants] [Text] – Moscow : NII shkolnyh tehnologii, 2009. – 290 p.

7 **Dahin, A. N.** Modelirovanie v pedagogike [Modeling in pedagogy] [Text]. In Idei i idealy. – 2010. – № 1(3). – T. 2 – P. 11–20.

8 **Dahin, A. N.** Pedagogicheskoe modelirovanie : monographia [Pedagogical modeling : monograph] [Text]. – Novosibirsk : Izd-vo NIPKiPRO, 2005. – 230 p.

9 **Aubakirova, S. D.** Formirovaniye deontologicheskoi gotovnosti buduschih pedagogov k rabote v usloviyah inklusivnogo obrazovaniya : dissertaciya na soiskanie stepeni doctora filosofii (PhD) po specialnosti 6D010300 – Pedagogika i psihologiya. [Formation of deontological readiness of future teachers to work in inclusive education : dissertation for the degree of doctor of philosophy (PhD) in the specialty 6D010300-Pedagogy and psychology] [Text] – Pavlodar, 2017. – 162 p.

10 **Aryn, E. M., Pfeifer, N. E., Burdina, E. I.** Teoreticheskie aspekty professionalnoi podgotovki pedagoga XXI veka : ucheb. posobie [Theoretical aspects of professional training of a teacher of the XXI century : textbook] [Text] – Pavlodar : PGU im. S. Toraigyrov PSU; St.Petersburg. : GAFKiS im. P. F. Lesgafta, 2005. – 270 p.

С. К. Антикеева

Торайғыров университет, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

**БІЛІКТІЛІКТІ АРТТЫРУ КУРСТАРЫ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК
ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ҚҰЗІРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ
ТЕОРИЯЛЫҚ МОДЕЛІ**

Бұл мақалада «Әлеуметтік қызметкерлердің біліктілігін арттыру курстары арқылы тұлғалық және кәсіби құзіреттіліктерін қалыптастыру» докторлық диссертация шеңберінде әзірленген біліктілікті арттыру курстары арқылы әлеуметтік қызметкерлердің тұлғалық және кәсіби құзіреттілігін қалыптастырудың теориялық моделі ұсынылған. Мақалада модельдеу процесінің педагогикалық аспектілері, педагогикалық модельдеудің кезеңдері келтірілген. Модельдің әдіснамалық, процессуалдық (технологиялық) және аспаптық деңгейлері, оның мақсаты, қажетті құзыреттердің қалыптасу мониторингі, сондай-ақ нәтижесі ұсынылған. Модельде құзыреттілікке, тұлғаға бағытталған және практикаға бағытталған педагогикалық тәсілдер, таңдалған құзыреттерді қалыптастыру заңдылықтары, қағидаттары, шарттары көрсетілген; қалыптасу процесін іске асыру кезеңдері, жеке және кәсіби құзыреттердің қалыптасу деңгейлері сипатталған. Практикалық дайындық бөлімінде тыңдаушы-оқытушы-топ жүйесінде интерактивті жұмыс ұсынылады, ол әр маманның жеке қатысуын, сондай-ақ елімізде алғашқы «кәсіби әлеуметтік қызметкерлердің ұлттық альянсы» республикалық қоғамдық бірлестігінің ашылуын білдіреді. Бұл модель әлеуметтік қызметкерлердің жеке және кәсіби құзыреттерін одан әрі жетілдіруді және тәуелсіз дамытуды білдіреді. Бұл модельде біліктілікті арттыру курстарын іске асырудың тиімділігін, жұмыс нысандары, әдістері мен құралдарын көруге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: теориялық модель, құзыреттілік, біліктілікті арттыру, әлеуметтік қызметкерлер.

S. K. Antikayeva

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

**THEORETICAL MODEL OF FORMATION COMPETENCIES OF
SOCIAL WORKERS THROUGH PROFESSIONAL DEVELOPMENT
COURSES**

This article presents a theoretical model for the formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses, which was developed in the framework of the doctoral dissertation «Formation of personal and professional competencies of social workers through advanced training courses». The article presents the pedagogical aspects of the modeling process itself, and lists the stages of pedagogical modeling. The methodological, procedural (technological) and instrumental levels of the model, its purpose, monitoring the formation of the required competencies, as well as the result are presented. The model shows competence-based, personality-oriented and practice-oriented

pedagogical approaches, patterns, principles, conditions for the formation of selected competencies; describes the stages of the formation process, the levels of formation of personal and professional competencies. The practical training section offers interactive work in the listener-teacher-group system, which implies the personal participation of each specialist, as well as the opening of the first Republican public Association in our country, the national Alliance of professional social workers. This model implies further improvement and independent development of personal and professional competencies of social workers. This allows you to see in the model the effectiveness of the implementation of advanced training courses, forms, methods and means of work.

Keywords: theoretical model, competencies, professional development, social workers.

Сведения об авторах

На казахском языке	На русском языке	На английском языке
Антикеева Самал Канатовна «Педагогика және психология» мамандығы бойынша докторант «Торайғыров университеті» КЕАҚ, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдар факультеті, Павлодар, 140008, Қазақстан Республикасы, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Антикеева Самал Канатовна докторант по специальности «Педагогика и психология» НАО «Торайғыров университет», Факультет гуманитарных и социальных наук, Павлодар, 140008, Республика Казахстан, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00	Samal Kanatovna Antikeyeva doctoral student in «Pedagogy and psychology» «Toraighyrov University» NCJSC, Faculty of Humanities and Social Sciences, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, samal_antikeyeva@mail.ru, 8-000-000-00-00

**Публикационная этика научных журналов
«Вестник Торайгыров университета»,
«Краеведение», «Наука и техника Казахстана»**

Редакционная коллегия журналов «Вестник Торайгыров университет», «Краеведение» и «Наука и техника Казахстана» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты ведущих международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (использование недостоверных сведений, изготовление данных, плагиат и др.), обеспечения общественного признания научных достижений обязаны соблюдать этические нормы и стандарты, принятые международным сообществом и предпринимать все разумные меры для предотвращения таких нарушений.

Редакционная коллегия ни в коем случае не поощряет неправомерное поведение (плагиат, манипуляция, фальсификация) и приложит все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегии статья отклоняется от публикации.

Редакционная коллегия не должна раскрывать информацию о принятых к опубликованию рукописей третьим лицам, не являющимся рецензентами, потенциальными рецензентами, членами редакционной коллегии, работниками типографии. Неопубликованные данные, полученные из рукописей, не должны использоваться в личных исследовательских целях без письменного разрешения автора.

Ответственность экспертов (рецензентов)

Рецензенты должны давать объективные суждения и указывать на соответствующие опубликованные работы, которые еще не цитируются. К рецензируемым статьям следует обращаться конфиденциально. Рецензенты будут выбраны таким образом, чтобы не было конфликта интересов в отношении исследования, авторов и / или спонсоров исследования.

Ответственность авторов

Ответственность за содержание работы несет автор. Авторы обязаны вносить исправления, пояснения, опровержения и извинения, если такие имеются.

Автор не должен представлять статью, идентичную ранее опубликованной в другом журнале. В частности, не принимаются переводы на английский либо немецкий язык статей, уже опубликованных на другом языке.

В случае обнаружения в рукописи статьи существенных ошибок автор должен сообщить об этом редактору раздела до момента подписи в печать оригинал-макета

номера журнала. В противном случае автор должен за свой счет исправить все критические замечания.

Направляя статью в журнал, автор осознаёт указанную степень персональной ответственности, что отражается в письменном обращении в редакционную коллегию Журнала.

Теруге 15.06.21 ж. жіберілді. Басуға 29.06.21 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
3,99 Мб RAM
Шартты баспа табағы 13,9. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген З. С. Искакова
Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3809

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz
nitk.tou.edu.kz