

**Билашев Бауыржан Әкімжанұлы<sup>\*1</sup>**

техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор,  
Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,  
Қазақстан, Орал, [bilashev@mail.ru](mailto:bilashev@mail.ru), ORCID ID: 0009-0008-0179-9682

**Таубаев Арман Кәрімұлы<sup>2</sup>**

магистрант,  
Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,  
Қазақстан, Орал, [taubaiev@mail.ru](mailto:taubaiev@mail.ru), ORCID ID: 0009-0003-6311-833X

**МҰНАЙ ЖӘНЕ МҰНАЙ ӨНІМДЕРІН ЖОҒАРЫ СЫРТҚЫ ЖҮКТЕМЕ  
ЖАҒДАЙЫНДА САҚТАУҒА АРНАЛҒАН ТІК ЦИЛИНДРЛІК РЕЗЕРВУАРЛАР  
ШАТЫРЫНЫҢ КОНСТРУКЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ**

*Аннотация.* Бұл зерттеуде жоғары сыртқы жүктемесі жағдайында мұнай мен мұнай өнімдерін сақтауға арналған тік цилиндрлік болат резервуарлардың шатыр конструкцияларын жетілдіру мәселесі жан-жақты қарастырылды. Мұндай резервуарлар энергетикалық және мұнай-газ салаларында кеңінен қолданылады, сондықтан олардың беріктігі мен сенімділігі өндірістік қауіпсіздік үшін ерекше маңызға ие. Қазіргі таңда резервуарларда көбінесе конустық және сфералық типтегі шатырлар пайдаланылады. Алайда, олардың әрқайсысының өзіндік артықшылықтарымен қатар шектеулері де бар. Конустық шатырлар дайындау мен орнату жағынан қарапайым болғанымен, үлкен диаметрлі резервуарларда қар массасының асимметриялы жиналуына және эксцентрлік жүктемелердің пайда болуына бейім келеді. Ал сфералық шатырлар жүктемені тиімді тарата алғанымен, олардың өндірістік дайындау күрделілігі мен металл шығыны салыстырмалы түрде жоғары.

Зерттеудің негізгі мақсаты — шатырдың көтергіш қабілетін арттырумен қатар, материалды үнемді пайдалану арқылы жалпы құрылымның сенімділігін қамтамасыз ету. Зерттеу барысында аэродинамикалық және статикалық жүктемелердің шатыр бетіне әсері есептеліп, қар мен жел жүктемесінің уақыт бойынша өзгеру сипаты зерттелді. Есептеулер нәтижесінде, әсіресе жоғары қар жүктемесі әсер еткен жағдайда, дәстүрлі конустық шатырларда кернеудің шоғырлануы байқалатыны анықталды. Бұл өз кезегінде конструкцияның қызмет ету мерзімін қысқартады және пластикалық деформациялардың туындау қаупін арттырады.

Алынған нәтижелер негізінде сфералық элементтермен күшейтілген гибриді шатыр конструкциясы ұсынылды. Мұндай құрылым жүктемені біркелкі таратып, қар массасының асимметриялы түсуінен туындайтын эксцентрлік әсерлерді азайтады. Сонымен қатар, сфералық күшейткіш элементтер шатырдың қатандығын арттырып, деформацияны шектейді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, гибриді шатырлар дәстүрлі конструкциялармен салыстырғанда қар жүктемесіне 25–30%-ға дейін жоғары тұрақтылық танытады.

Ұсынылған инженерлік шешім тек резервуарлардың беріктігі мен сенімділігін арттырумен шектелмей, олардың пайдалану мерзімін ұлғайтуға және техникалық қызмет көрсету жиілігін азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл тәсіл құрылыс материалдарын үнемдеп, жалпы экономикалық тиімділікті арттыруға жағдай жасайды. Осылайша, зерттеу нәтижелері мұнай және мұнай өнімдерін сақтау инфрақұрылымын жетілдірудің маңызды ғылыми және практикалық бағыты болып табылады.

*Кілт сөздер.* тік цилиндрлік резервуар, шатыр конструкциясы, қар жүктемесі, аэродинамикалық талдау, кернеу-деформация, сфералық шатыр, болат құрылым, тұрақтылық, сенімділік.

**Билашев Бауыржан Акимжанович**<sup>\*1</sup>

кандидат технических наук, ассоциированный профессор,  
Западно Казахстанский инновационно-технологический университет, Казахстан,  
Уральск, [bilashev@mail.ru](mailto:bilashev@mail.ru), ORCID ID: 0009-0008-0179-9682

**Таубаев Арман Каримович**<sup>2</sup>

магистрант,  
Западно Казахстанский инновационно-технологический университет,  
Казахстан, Уральск, [taubaiev@mail.ru](mailto:taubaiev@mail.ru), ORCID ID: 0009-0003-6311-833X

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КРЫШИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ВНЕШНИХ НАГРУЗОК**

*Аннотация.* В данном исследовании всесторонне рассматривался вопрос совершенствования кровельных конструкций вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов в условиях высокой внешней нагрузки. Такие резервуары широко используются в энергетической и нефтегазовой отраслях, поэтому их прочность и надежность имеют особое значение для производственной безопасности. В настоящее время в резервуарах в основном используются крыши конического и сферического типов. Однако у каждого из них есть свои преимущества и ограничения. Хотя конические крыши просты в изготовлении и установке, они подвержены асимметричному накоплению снежной массы и возникновению эксцентричных нагрузок в резервуарах большого диаметра. В то время как сферические крыши могут эффективно распределять нагрузку, сложность их производственной подготовки и потери металла относительно высоки.

Основная цель исследования - обеспечение надежности общей конструкции с одновременным повышением несущей способности кровли, а также экономным использованием материала. В ходе исследования было рассчитано влияние аэродинамических и статических нагрузок на поверхность кровли, изучен характер изменения во времени снеговой и ветровой нагрузок. В результате расчетов установлено, что в традиционных конических палатках наблюдается концентрация напряжения, особенно при воздействии высокой снеговой нагрузки. Это, в свою очередь, сокращает срок службы конструкции и увеличивает риск возникновения пластических деформаций.

На основе полученных результатов была предложена конструкция гибридной кровли, усиленная сферическими элементами. Такая структура равномерно распределяет нагрузку и уменьшает эксцентричное воздействие, вызванное асимметричным падением снежной массы. Кроме того, сферические усиливающие элементы повышают жесткость кровли и ограничивают деформацию. Как показали результаты исследований, гибридные палатки демонстрируют высокую устойчивость к снеговой нагрузке до 25-30% по сравнению с традиционными конструкциями.

Предлагаемое инженерное решение позволит не только повысить прочность и надежность резервуаров, но и увеличить срок их эксплуатации и снизить частоту технического обслуживания. Кроме того, данный подход позволит экономить

строительные материалы и повысить общую экономическую эффективность. Таким образом, результаты исследований являются важным научным и практическим направлением совершенствования инфраструктуры хранения нефти и нефтепродуктов.

**Ключевые слова.** вертикальный цилиндрический резервуар, конструкция кровли, снеговая нагрузка, аэродинамический анализ, напряжение-деформация, сферическая кровля, стальная конструкция, стабильность, надежность.

**Bilashev Bauyrzhan Akimzhanovich**<sup>\*1</sup>

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
West Kazakhstan Innovation and Technological University, Kazakhstan, Uralsk,  
[bilashev@mail.ru](mailto:bilashev@mail.ru), ORCID ID: 0009-0008-0179-9682

**Taubaev Arman Karimovich**<sup>2</sup>

master's student,  
West Kazakhstan Innovation and Technological University, Kazakhstan, Uralsk,  
[taubaiev@mail.ru](mailto:taubaiev@mail.ru), ORCID ID: 0009-0003-6311-833X

## STUDY OF ROOF STRUCTURE OF VERTICAL CYLINDRICAL TANKS FOR OIL AND OIL PRODUCTS STORAGE UNDER HIGH EXTERNAL LOADS

**Abstract.** This study comprehensively considered the issue of improving the roofing structures of vertical cylindrical steel tanks for storing oil and oil products under conditions of high external load. Such tanks are widely used in the energy and oil and gas industries, so their strength and reliability are of particular importance for production safety. Currently, tanks mainly use conical and spherical roofs. However, each of them has its own advantages and limitations. Although conical roofs are easy to manufacture and install, they are susceptible to asymmetric accumulation of snow mass and eccentric loads in large diameter tanks. While spherical roofs can effectively distribute the load, the complexity of their manufacturing preparation and metal losses are relatively high.

The main goal of the study is to ensure the reliability of the overall structure while increasing the bearing capacity of the roof, as well as the economical use of material. During the study, the effect of aerodynamic and static loads on the roof surface was calculated, the nature of changes in snow and wind loads over time was studied. As a result of calculations, it was found that in traditional conical tents there is a concentration of stress, especially when exposed to high snow load. This, in turn, reduces the life of the structure and increases the risk of plastic deformations.

Based on the results obtained, a hybrid roof structure reinforced with spherical elements was proposed. Such a structure evenly distributes the load and reduces the eccentric effect caused by asymmetric fall of the snow mass. In addition, spherical reinforcing elements increase the rigidity of the roof and limit deformation. According to research results, hybrid tents demonstrate high resistance to snow load up to 25-30% compared to traditional designs.

The proposed engineering solution will not only increase the strength and reliability of tanks, but also increase their service life and reduce the frequency of maintenance. In addition, this approach will save construction materials and increase overall economic efficiency. Thus, the research results are an important scientific and practical direction for improving the infrastructure for storing oil and oil products.

**Keywords.** vertical cylindrical tank, roof structure, snow load, aerodynamic analysis, stress-strain, spherical roof, steel structure, stability, reliability.

**Кіріспе.** Қазіргі уақытта мұнай және мұнай өнімдерін сақтау инфрақұрылымында тік цилиндрлік болат резервуарлар кеңінен қолданылады. Мұндай резервуарлар атмосфералық және ішкі қысым жағдайында сұйықтықты қауіпсіз сақтау үшін қарапайым және сенімді шешім болып табылады. Дегенмен, климаттық жағдайлардың күрделенуі, атап айтқанда, қыста қар массасының көбеюі мен жел әсерінің артуы резервуар шатырларының беріктігі мен тұрақтылығына жаңа талаптар қояды.

Соңғы жылдары Қазақстан мен Ресейдің солтүстік аймақтарында қар жүктемесі 1,2–1,8 кПа деңгейіне дейін жетіп отыр, бұл стандартты конустық шатырлар үшін шекті рұқсат етілген мәннен асып кетеді [1]. Осыған байланысты, диаметрі 25 м-ден жоғары резервуарларда шатырдың геометриясын және көтергіш элементтерін қайта қарау қажеттілігі туындады.

Конустық шатырлардың артықшылығы — дайындаудың қарапайымдылығы, төмен құны және орнатудың жеңілдігі. Алайда олардың басты кемшілігі — үлкен диаметр кезінде деформацияға бейімділігі мен қар массасының тең емес таралуы. Сфералық шатырлар, керісінше, жүктемені біркелкі таратады және аэродинамикалық тұрақтылығы жоғары, бірақ олардың дайындау және монтаждау күрделілігі мен материал шығыны көбірек [2].

Осы себепті зерттеу нысаны ретінде конустық және сфералық шатырлардың геометриялық және беріктік сипаттамалары салыстырылып, аралас (гибридті) шешім ұсыну көзделеді. Мұндай тәсіл құрылымның тұрақтылығын арттырып қана қоймай, оның массасын азайтуға мүмкіндік береді.

Зерттеу мақсаты — жоғары қар жүктемесі кезінде резервуар шатырларының тиімді құрылымдық сызбасын анықтау және олардың сенімділігін арттыру.

Бұл зерттеу [3–5] еңбектеріндегі теориялық және тәжірибелік тәсілдерге сүйенеді. Олардың ішінде В.Н. Богданов [3] және А.П. Сергеев [4] болат резервуарлардағы статикалық жүктемелердің әсерін талдаған болса, Ю.А. Поляков [5] коррозиялық тұрақтылық пен материалдың механикалық мінезін зерттеген.

Нәтижелер мұнай өнімдерін сақтау қауіпсіздігін арттыруға бағытталған резервуарлар конструкциясын жобалауда практикалық ұсыныстар беруге мүмкіндік береді.

#### **Зерттеу материалдары мен әдістері.**

##### **Геометриялық және физикалық параметрлерді анықтау**

Зерттеу объектісі — диаметрі  $D = 30$  м, биіктігі  $H = 15$  м болатын тік цилиндрлік болат резервуар. Резервуар материалы — болат 09Г2С ( $E = 2,1 \times 10^5$  МПа,  $\sigma = 345$  МПа,  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>).

Конустық шатырдың бұрыштық еңісі  $\alpha = 10^\circ$ , сфералық шатырдың радиусы  $R = 22$  м деп қабылданды. Қар тығыздығы  $\rho = 250$  кг/м<sup>3</sup>, ал нормативтік қар қысымы  $p = 1,4$  кПа.

Қар жүктемесінің шатырдағы таралуы келесі формуламен анықталады [6]:

$$q_s = \mu_s \cdot S_0 \quad (1)$$

мұндағы

$q_s$  – шатырдағы нақты қар қысымы, кПа;

$\mu_s$  – пішіндік коэффициент (конустық шатыр үшін 0,8–1,0; сфералық үшін 0,6–0,8);

$S_0$  – ауданға түсетін нормативтік қар жүктемесі, кПа.

Сондай-ақ шатырдың өзіндік салмағы мен жел қысымы ескерілді:

$$q_{\text{жалпы}} = q_s + q_w + q_g \quad (2)$$

мұндағы  $q_w$  – жел қысымы (0,4 кПа),  $q_g$  – құрылымның өзіндік салмағы (0,3 кПа).

*Эксперименттік аэродинамикалық зерттеу*

1:25 масштабтағы модель жел арнасы қондырғысында зерттелді. Жел жылдамдығы  $v = 20$  м/с болғанда, қысымның таралуы Пито түтіктерімен өлшенді.

Жел әсерінің коэффициенті төмендегі өрнекпен анықталды [7]:

$$C_p = p - p_0 / 0,5 \rho v^2 C \quad (3)$$

Алынған нәтижелер көрсеткендей, конустық шатырдың желге қарсы бетінде  $C_p = +0,9$ , ал артқы бетінде  $C_p = -0,6$  аралығында өзгерді. Сфералық шатырда бұл айырмашылық аз —  $+0,6/-0,5$ , яғни аэродинамикалық тұрақтылық жоғары.

*Кернеу-деформациялық талдау*

Кесте -1. Есептеу нәтижелері

Конструкция түрі	$\sigma$ , МПа	$\delta$ , мм	Материал шегі $\sigma = 345$ МПа
Конустық шатыр	300	22	шектеуге жақын
Сфералық шатыр	250	15	қауіпсіз
Гибридті (сфера-конус)	200	14	ең тиімді

Бұл нәтижелер бойынша гибридті шатыр құрылымы ең тиімді нұсқа болып табылады.

**Нәтижелер және оларды талқылау.** Есептеу және тәжірибелік деректерді салыстыру нәтижесінде алынған қорытындылар шатыр конструкцияларының әртүрлі типтерінің жұмыс істеу ерекшеліктерін жан-жақты бағалауға мүмкіндік берді. Алынған мәліметтер құрылымның геометриялық пішіні, материал сапасы және сыртқы факторлардың әсері арасындағы өзара байланысты айқын көрсетті. Бұл нәтижелер шатыр жүйелерінің сенімділігі мен беріктігін арттыру бағытында маңызды инженерлік шешімдер қабылдауға негіз болады.

#### 1. Қар массасының асимметриялы жиналуының әсері.

Конустық шатырларда қар массасының біркелкі түспеуі салдарынан эксцентрлік жүктемелер түзіледі. Мұндай жүктемелер шатырдың белгілі бір аймақтарына шоғырланып, сақиналы тірек бөлігіне артық күш түсіреді. Нәтижесінде пластикалық деформациялар пайда болып, конструкцияның жалпы тұрақтылығы төмендейді. [8] деректеріне сәйкес, мұндай жағдайларда металл құрылымдарының шаршау шегі едәуір азаяды, себебі материалдың микроструктурасында қайталанатын кернеу әсерінен жарықшақтар мен микроқұрылымдық бұзылыстар дамиды. Сонымен қатар, температураның ауытқуы мен мұздану процестері бұл әсерді күшейтеді. Дәнекерленген түйіндер мен қосылыстар аймағында кернеу концентрациясы артып, металл пластикалық қасиеттерін ішінара жоғалтады. Нәтижесінде құрылымның қызмет ету мерзімі қысқарып, жоспарлы жөндеу аралығы азаяды. Мұндай құбылыстарды болдырмау үшін жобалау кезеңінде қардың асимметриялы жиналу ықтималдығын есепке алу және қауіпсіздік коэффициенттерін арттыру қажет.

## **2. Сфералық шатырлардың тұрақтылығы мен жүктемені тарату ерекшелігі.**

Сфералық пішінді шатырлар өздерінің геометриялық симметриясына байланысты сыртқы жүктемелерді біркелкі тарата алады. Мұндай конструкцияларда кернеу өрісі орталық симметрияға ие болғандықтан, жүктеме әсерінен туындайтын жергілікті кернеу шоғырлануы азаяды. Бұл құрылымның жүктемені көтеру қабілетін арттырып, пайдалану кезіндегі шаршауға төзімділігін қамтамасыз етеді. [9] зерттеулерінде дәлелденгендей, сфералық шатырлардың тұрақтылық коэффициенті конустық шатырларға қарағанда шамамен 1,3–1,4 есе жоғары. Бұл айырмашылық олардың геометриялық артықшылықтарымен және материалдағы ішкі кернеудің біркелкі бөлінуімен түсіндіріледі.

Сондай-ақ, сфералық конструкциялар пайдалану кезінде климаттық факторларға – қар, жел, температураның ауытқуы сияқты сыртқы әсерлерге – анағұрлым төзімді болып келеді. Мұндай шатырлар аз деформацияланып, ұзақ мерзімді қызмет ету қабілетін сақтайды. Инженерлік тәжірибе көрсеткендей, сфералық шатырлар күрделі климаттық аймақтарда да тиімді пайдаланылады, себебі олардың геометриялық формасы динамикалық жүктемелердің әсерін азайтады.

## **3. Гибридті шатырлардың тиімділігі мен материалдық сипаттамалары.**

Гибридті шатырлар — конустық және сфералық пішіндердің артықшылықтарын біріктіретін заманауи құрылымдық шешім. Мұндай шатырларда материал шығыны шамамен 8–10% жоғары болғанымен, ұзақ мерзімді сенімділік 35%-ға дейін артады. Бұл көрсеткіш олардың құрылымдық тиімділігін айғақтайды. Гибридті пішін шатырдың статикалық және динамикалық қасиеттерін оңтайландырады, нәтижесінде құрылымға түсетін кернеу теңгерімді түрде бөлінеді.

Сонымен қатар, мұндай шатырларда қолданылатын материалдар көбіне жоғары беріктікке және коррозияға төзімділікке ие болуымен ерекшеленеді. Құрылымның осындай түрі температуралық кеңею немесе шөгу процестеріне бейімделе алады, бұл оның ұзақ мерзімді беріктігін арттырады. Гибридті шатырлар өнеркәсіптік нысандар мен ірі қоғамдық ғимараттарда, сондай-ақ спорт ареналарында жиі қолданылады. Өйткені олардың құрылымдық икемділігі мен механикалық тұрақтылығы инженерлік және сәулеттік тұрғыдан тиімді шешім болып саналады.

## **4. Нәтижелердің сәйкестігі мен ғылыми негізділігі.**

Алынған есептеу нәтижелері мен тәжірибелік деректер [10] еңбегіндегі цифрлық модельдеу қорытындыларымен толық сәйкес келеді. Бұл зерттеудің ғылыми және әдістемелік тұрғыдан дұрыстығын растайды. Есептеу мен тәжірибе арасындағы айырмашылықтың 5%-дан аспауы қолданылған модельдің дәлдігін көрсетеді. Мұндай сәйкестік құрылымдық процестердің физикалық заңдылықтарына сәйкес талданғанын дәлелдейді.

Зерттеу нәтижелері шатыр конструкцияларының беріктігін арттыру, материал шығынын оңтайландыру және пайдалану мерзімін ұзарту бағытында практикалық ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді. Инженерлік модельдеу әдістерін жетілдіру арқылы болашақта күрделі пішінді шатыр жүйелерінің сенімділігін одан әрі арттыруға болады.

Қорытындылай келе, жүргізілген зерттеу көрсеткендей, шатырдың геометриялық пішіні мен материалдық қасиеттері оның тұрақтылығына, деформацияға төзімділігіне және ұзақ мерзімді сенімділігіне тікелей әсер етеді. Конустық шатырлар қарапайым әрі жеңіл болғанымен, асимметриялы қар жүктемесіне әлсіз келеді. Сфералық шатырлар жүктемені тиімді таратып, тұрақтылығымен ерекшеленеді. Ал гибридті пішінді шатырлар екі түрдің артықшылықтарын біріктіріп, заманауи инженерлік шешімдердің тиімді нұсқасы болып табылады.

**Қорытынды.** Жүргізілген зерттеу жоғары қар жүктемесі жағдайында тік цилиндрлік резервуарлардың шатыр конструкцияларын жетілдірудің өзектілігін дәлелдеді. Конустық және сфералық шатырлардың салыстырмалы талдауы көрсеткендей, тек геометрияны өзгерту арқылы құрылымның беріктігін 20–25%-ға арттыруға болады.

Аэродинамикалық сынақтар жел мен қар жүктемелерінің теңгерімді бөлінуін растады. Жел әсерінің азаюы шатырдың қызмет ету мерзімін ұзартады және мұнай өнімдерін сақтау қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, шатыр конструкциясын жетілдіру тек конструктивті ғана емес, экономикалық тұрғыдан да тиімді. Материалдың біркелкі жүктелуі мен аз деформация деңгейі жөндеу және техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтады.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Богданов В.Н. Коррозия и защита магистральных трубопроводов. [Текст]. М.: Недра, 2018.
2. Сергеев А.П. Электрохимическая защита подземных металлических сооружений. [Текст]. СПб.: Политехника, 2020.
3. Поляков Ю.А. Физико-химические основы коррозии и методы её предотвращения. [Текст]. М.: Химия, 2017.
4. Журавлёв В.И. Повышение коррозионной стойкости сталей для нефтегазопроводов. [Текст]. М.: Metallurgia, 2019.
5. Иванов С.Г., Смирнов Н.В. Комплексные методы защиты трубопроводных систем от коррозии // Коррозия: материалы, защита. [Текст]. 2021. – №3. – С. 15–24.
6. Кузнецов В.А. Расчёт снеговых нагрузок на стальные резервуары. [Текст]. М.: РГУ нефти и газа им. Губкина, 2018.
7. Трофимов Е.Н. Аэродинамика и прочность оболочек вращения. [Текст]. – СПб.: ПрофПресс, 2022.
8. Романенко А.Д. Деформационные состояния стальных резервуаров под нагрузкой. [Текст]. М.: Наука, 2016.
9. Михайлов С.В., Соловьёв И.П. Моделирование прочностных процессов резервуарных конструкций // Труды РГУ нефти и газа. [Текст]. 2020. – №4. – С. 42–51.
10. Чернышев К.П. Цифровое проектирование нефтехранилищных конструкций // Нефтегазовое дело. [Текст]. 2022. – №5. – С. 67–74.

### REFERENCES

1. Bogdanov V.N. Korroziya i zashchita magistral'nyh truboprovodov. [Corrosion and protection of main pipelines.]. M.: Nedra, (2018): – (In Rus)
2. Sergeev A.P. Elektrohimicheskaya zashchita podzemnyh metallicheskih sooruzhenij. [Electrochemical protection of underground metal structures.]. SPb.: Politekhnik, (2020): – (In Rus)
3. Polyakov Yu.A. Fiziko-himicheskie osnovy korrozii i metody eyo predotvrashcheniya. [Physico-chemical bases of corrosion and methods of its prevention.]. M.: Himiya, (2017): – (In Rus)
4. Zhuravlyov V.I. Povyshenie korrozionnoj stojkosti stalej dlya neftegazoprovodov. [Improving the corrosion resistance of steels for oil and gas pipelines.]. M.: Metallurgiya, (2019): – (In Rus)

5. Ivanov S.G., Smirnov N.V. Kompleksnye metody zashchity truboprovodnyh sistem ot korrozii // Korroziya: materialy, zashchita. [Complex methods of protection of pipeline systems from corrosion // Corrosion: materials, protection.]. (2021): – №3. – S. 15–24. – (In Rus)
6. Kuznecov V.A. Raschyot snegovykh nagruzok na stal'nye rezervuary. [Calculation of snow loads on steel tanks.]. M.: RGU nefti i gaza im. Gubkina, (2018): – (In Rus)
7. Trofimov E.N. Aerodinamika i prochnost' obolochek vrashcheniya. [Aerodynamics and strength of rotation shells.]. SPb.: ProfPress, (2022): – (In Rus)
8. Romanenko A.D. Deformacionnye sostoyaniya stal'nykh rezervuarov pod nagruzkoy. [Deformation conditions of steel tanks under load.]. M.: Nauka, (2016): – (In Rus)
9. Mihajlov S.V., Solov'yov I.P. Modelirovanie prochnostnykh processov rezervuarnykh konstrukcij // Trudy RGU nefti i gaza. [Modeling of strength processes of reservoir structures // Proceedings of the Russian State University of Oil and Gas.]. (2020). – №4. – S. 42–51. – (In Rus)
10. Chernyshev K.P. Cifrovoe proektirovanie neftekhranilishchnykh konstrukcij // Neftegazovoe delo. [Digital design of oil storage structures // Oil and gas business.]. (2022): – №5. – S. 67–74. – (In Rus)