

**МҰНАЙГАЗ ИНЖЕНЕРИЯСЫ  
НЕФТЯНОЙ ИНЖИНИРИНГ  
PETROLEUM ENGINEERING**

МРНТИ 620.194.2

DOI: <https://doi.org/10.62724/202610601>

**Бактугулов Ербол Темирбулатович\*<sup>1</sup>**

старший преподаватель,

Западно Казахстанский инновационно-технологический университет, Уральск,  
Казахстан, [Baktugulov65@mail.ru](mailto:Baktugulov65@mail.ru), ORCID ID: 0009-0001-3207-5424

**Ихсанов Кайрбек Айтжанович<sup>2</sup>**

кандидат технических наук,

Западно Казахстанский инновационно-технологический университет, Уральск,  
Казахстан, [ikhсанov\\_k@mail.ru](mailto:ikhсанov_k@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-4284-9048

**Мерғалиев Кайрбек Гастайевич<sup>3</sup>**

суперинтендант службы терминалов и сетевой эксплуатации ТОО «ЖайкМунай»,  
Уральск, Казахстан, [m.kairbek.68@gmail.com](mailto:m.kairbek.68@gmail.com), ORCID ID: 0009-0004-7956-5158

**УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ ОТ ИСПАРЕНИЯ ПРИ НАЛИВЕ НЕФТИ В  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ЦИСТЕРНЫ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена актуальная экологическая и производственно-технологическая проблема потерь нефти и выбросов углеводородных паров в атмосферу при наливке нефти в железнодорожные цистерны. Показано, что наибольшие потери нефти от испарения возникают на этапе наливных операций, сопровождающихся вытеснением парогазовой смеси из внутреннего объёма цистерн. Особое внимание уделено несовершенству герметизации наливных устройств, а именно неплотному прилеганию герметизирующих крышек к горловинам железнодорожных цистерн, что приводит к интенсивному и неконтролируемому выбросу паров нефти в атмосферный воздух.

Установлено, что выбросы углеводородных паров оказывают негативное влияние как на экономические показатели нефтетранспортных предприятий за счёт безвозвратных потерь сырья, так и на санитарно-экологическую обстановку в районах размещения наливных эстакад. Особую социальную значимость проблема приобретает в условиях близкого расположения промышленных объектов к жилой застройке, где выбросы сопровождаются устойчивым резким запахом, ухудшением качества атмосферного воздуха и ростом жалоб населения.

В статье проанализированы основные причины неплотной герметизации наливных устройств, включая износ уплотнительных элементов, конструктивные несовершенства и нарушения эксплуатационных требований. Приведена методика расчёта потерь нефти от испарения при наливке в железнодорожные цистерны и выполнена количественная оценка возможного экономического и экологического ущерба. На основе расчетных данных показана высокая эффективность внедрения усовершенствованных герметизирующих крышек и систем улавливания паров углеводородов, позволяющих снизить потери нефти от испарения на 85–90 %.

**Ключевые слова.** испарение нефти, железнодорожные цистерны, налив нефти, герметизация, выбросы углеводородов, охрана окружающей среды.

**Бактугулов Ербол Темірболатұлы\*<sup>1</sup>**

Аға оқытушы,

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал, Қазақстан,

[Baktugulov65@mail.ru](mailto:Baktugulov65@mail.ru), ORCID ID: 0009-0001-3207-5424

**Ихсанов Қайырбек Айтжанұлы<sup>2</sup>**

техника ғылымының кандидаты,

Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті, Орал, Қазақстан,

[ikhсанov\\_k@mail.ru](mailto:ikhсанov_k@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-4284-9048

**Мерғалиев Қайырбек Тастайұлы<sup>3</sup>**

«ЖайкМунай» ЖШС Терминал және желілік пайдалану қызметінің суперинтенденті,

Орал, Қазақстан, [m.kairbek.68@gmail.com](mailto:m.kairbek.68@gmail.com), ORCID ID: 0009-0004-7956-5158

## ТЕМІР ЖОЛ ЦИСТЕРНАЛАРЫНА МҰНАЙ ҚҰЮ КЕЗІНДЕ БУЛАНУДАН БОЛАТЫН ШЫҒЫНДАРДЫ АЗАЙТУ

**Аңдатпа.** Мақалада теміржол цистерналарына мұнай құю кезінде мұнайдың булануынан болатын шығындар мен атмосфераға көмірсутек буларының шығарылуымен байланысты өзекті экологиялық және өндірістік-технологиялық мәселе қарастырылған. Мұнай құю операциялары барысында цистернаның ішкі көлемінен бугаз қоспасының ығыстырылуына байланысты мұнайдың булану шығындары айтарлықтай болатыны көрсетілген. Негізгі назар құю құрылғыларының герметизациясының жетілмегендігіне, атап айтқанда, герметизациялаушы қақпақтардың теміржол цистерналарының мойнына тығыз жанаспауына аударылған, бұл мұнай буларының атмосфераға қарқынды әрі бақылаусыз шығарылуына әкеледі.

Көмірсутек буларының шығарылуы мұнай тасымалдаушы кәсіпорындардың экономикалық көрсеткіштеріне қайтарымсыз шикізат шығындары арқылы теріс әсер ететіні, сондай-ақ құю эстакадалары орналасқан аумақтардағы санитарлық-экологиялық жағдайды нашарлататыны анықталған. Өнеркәсіптік нысандардың тұрғын аймақтарға жақын орналасуы жағдайында бұл мәселе ерекше әлеуметтік маңызға ие, себебі шығарындылар тұрақты өткір иіспен, атмосфералық ауаның сапасының төмендеуімен және халықтың шағымдарының көбеюімен қатар жүреді.

Мақалада құю құрылғыларының герметизациясының жеткіліксіз болу себептері, оның ішінде тығыздағыш элементтердің тозуы, конструктивтік кемшіліктер және пайдалану талаптарының бұзылуы талданған. Теміржол цистерналарына мұнай құю кезінде буланудан болатын шығындарды есептеу әдістемесі ұсынылып, ықтимал экономикалық және экологиялық залалдың сандық бағасы жүргізілген. Есептік деректер негізінде жетілдірілген герметизациялаушы қақпақтар мен көмірсутек буларын ұстау жүйелерін енгізу мұнайдың булану шығындарын 85–90 % дейін төмендетуге мүмкіндік беретіні көрсетілген.

**Кілт сөздер.** мұнайдың булануы, теміржол цистерналары, мұнай құю, герметизация, көмірсутек шығарындылары, қоршаған ортаны қорғау.

**Baktugulov Yerbol Temirbulatovich\*<sup>1</sup>**

---

Senior Lecturer,  
West Kazakhstan University of Innovation and Technology, Uralsk, Kazakhstan,  
[Baktugulov65@mail.ru](mailto:Baktugulov65@mail.ru), ORCID ID: 0009-0001-3207-5424

**Ihsanov Kairbek Aitzhanovich<sup>2</sup>**  
Candidate of Technical Sciences,  
West Kazakhstan University of Innovation and Technology, Uralsk, Kazakhstan,  
[ikhsanov\\_k@mail.ru](mailto:ikhsanov_k@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-4284-9048

**Mergaliyev Kairbek Tastaevich<sup>3</sup>**  
Superintendent of Terminal and Network Operation Service, ZhaykMunay LLP, Uralsk,  
Kazakhstan, [m.kairbek.68@gmail.com](mailto:m.kairbek.68@gmail.com), ORCID ID: 0009-0004-7956-5158

## REDUCTION OF EVAPORATION LOSSES DURING OIL LOADING INTO RAILWAY TANKS

**Abstract.** The article addresses an актуал environmental and technological problem related to oil losses due to evaporation and emissions of hydrocarbon vapors into the atmosphere during oil loading into railway tank cars. It is shown that the most significant oil losses occur during loading operations, which are accompanied by the displacement of a vapor–gas mixture from the internal volume of the tank cars. Special attention is paid to imperfections in the sealing of loading devices, particularly the insufficient tightness of sealing covers against the tank car manholes, resulting in intensive and uncontrolled emissions of oil vapors into the ambient air.

It has been established that hydrocarbon vapor emissions negatively affect the economic performance of oil transportation enterprises due to irreversible losses of raw materials and also worsen the sanitary and environmental conditions in areas adjacent to loading racks. The problem becomes especially socially significant when industrial facilities are located close to residential areas, where emissions are accompanied by persistent strong odors, deterioration of air quality, and an increase in public complaints.

The article analyzes the main causes of insufficient sealing of loading devices, including wear of sealing elements, design imperfections, and violations of operational requirements. A methodology for calculating oil evaporation losses during loading into railway tank cars is presented, and a quantitative assessment of potential economic and environmental damage is performed. Based on the calculation results, the high efficiency of implementing improved sealing covers and vapor recovery systems is demonstrated, allowing oil evaporation losses to be reduced by 85–90%.

**Key words.** oil evaporation, railway tanks, oil loading, sealing, hydrocarbon emissions, environmental protection.

**Введение.** Транспортировка нефти и нефтепродуктов железнодорожным транспортом остается одним из наиболее распространенных и технологически отработанных способов доставки углеводородного сырья на перерабатывающие предприятия и экспортные терминалы [1,2]. Однако на этапе налива нефти в железнодорожные цистерны неизбежно возникают потери от испарения, сопровождающиеся выбросами углеводородных паров в атмосферу [3,4]. Данные потери имеют двойственную природу: с одной стороны, они приводят к прямым экономическим убыткам, а с другой — формируют серьезную экологическую и социальную проблему

[5].

Особую остроту данная проблема приобретает в случаях, когда наливные эстакады расположены в непосредственной близости от населенных пунктов. При неплотном прилегании герметизирующей крышки к горловине железнодорожной цистерны пары нефти беспрепятственно выходят в атмосферу, формируя устойчивый источник загрязнения воздуха. Жители близлежащих поселков в таких условиях подвергаются воздействию резкого запаха углеводородов, что вызывает ухудшение самочувствия, рост обращений в санитарные службы и социальную напряженность.

Целью настоящей статьи является анализ причин потерь нефти от испарения при наливке в железнодорожные цистерны, оценка их воздействия на окружающую среду и население, а также разработка практических рекомендаций по устранению проблемы неплотной герметизации наливных устройств.

**Материалы и методы исследований.** Материалы и методы исследований направлены на изучение процессов испарения нефти и выбросов углеводородных паров при наливке в железнодорожные цистерны, а также на оценку эффективности мероприятий по снижению данных потерь.

В качестве объекта исследования рассматривался процесс верхнего налива нефти в стандартные железнодорожные цистерны объемом 73 м<sup>3</sup>, эксплуатируемые на наливных эстакадах нефтетранспортных и нефтеперевалочных предприятий. Предметом исследования являлись потери нефти от испарения, возникающие в результате вытеснения парогазовой смеси из газового пространства цистерн при наливке, а также влияние степени герметичности наливных устройств на величину данных потерь.

В ходе исследования использовались следующие материалы:

- нормативно-техническая документация (ГОСТ 1510–84, СНиП 2.11.03–93, СанПиН 1.2.3685-21);
- методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при наливке нефти и нефтепродуктов;
- статистические и эксплуатационные данные наливных эстакад;
- результаты отечественных и зарубежных научных исследований в области снижения потерь углеводородов и охраны атмосферного воздуха.

Методологической основой работы являлся расчетно-аналитический подход, включающий анализ физических процессов испарения нефти, вытеснения парогазовой смеси и утечек через неплотности герметизирующих устройств. Для количественной оценки потерь нефти от испарения применялся расчетный метод, основанный на определении объема вытесняемого газового пространства и плотности паров нефти при рабочих условиях.

Расчет массы потерь нефти выполнялся с учетом следующих параметров: геометрического объема цистерны, степени ее заполнения, температуры нефти, плотности углеводородных паров и коэффициента утечки, характеризующего степень герметичности наливного устройства. Значения коэффициента утечки принимались на основе эксплуатационных наблюдений и литературных данных для различных технических состояний герметизирующих крышек.

Для оценки эффективности предлагаемых технических решений проводилось сопоставление расчетных значений потерь нефти при традиционных наливных устройствах и при использовании усовершенствованных герметизирующих крышек и систем улавливания паров углеводородов. Результаты расчетов экстраполировались на суточные и годовые объемы налива с целью определения потенциального экономического и экологического эффекта.

В процессе исследования также применялись методы сравнительного анализа,

обобщения и систематизации данных, позволяющие выявить основные причины повышенных выбросов углеводородных паров и обосновать целесообразность внедрения предлагаемых мероприятий по снижению потерь нефти от испарения.

**Актуальность проблемы потерь от испарения нефти.** Потери от испарения нефти при операциях хранения и транспортировки могут достигать значительных величин. Наиболее интенсивно испарение происходит именно в процессе налива, когда нефть контактирует с воздухом, а пары вытесняются из внутреннего объема цистерны [2,4]. В условиях отсутствия эффективной герметизации или систем улавливания паров углеводородов (УПУ) эти выбросы напрямую поступают в атмосферу [6,7] (рис.1).



Рисунок 1 – Потери от испарения

Неплотное прилегание герметизирующей крышки к горловине железнодорожной цистерны может быть обусловлено рядом факторов: износом уплотнительных элементов, деформацией крышки или горловины, несоответствием конструктивных размеров, а также человеческим фактором при установке оборудования. Даже незначительные зазоры приводят к образованию направленных струй паров нефти, которые легко распространяются на значительные расстояния

С экологической точки зрения углеводородные пары относятся к летучим органическим соединениям (ЛОС), способствующим образованию приземного озона и фотохимического смога [3]. Кроме того, многие компоненты нефти обладают токсичными и канцерогенными свойствами, что делает проблему выбросов особенно значимой вблизи жилых зон [5,8].

**Характеристика процесса налива нефти в железнодорожные цистерны.** Процесс налива нефти в железнодорожные цистерны осуществляется, как правило, через верхний налив с использованием наливных стояков, оснащенных герметизирующими крышками [2]. В идеальных условиях крышка должна плотно прилегать к горловине цистерны, обеспечивая минимальный выход паров в атмосферу. Однако на практике добиться абсолютной герметичности достаточно сложно.

В процессе налива объем нефти в цистерне увеличивается, при этом газовое

пространство сокращается. Пары нефти и воздух вытесняются через любые неплотности в системе [4]. При отсутствии герметичного соединения или вакуумной линии отвода паров давление внутри цистерны повышается, что усиливает интенсивность выбросов [6].

Особенно неблагоприятными являются летние условия эксплуатации, когда повышенная температура окружающей среды способствует росту давления насыщенных паров нефти. В таких условиях даже незначительные дефекты уплотнений приводят к кратному увеличению объемов выбросов.

Воздействие выбросов паров нефти на население и окружающую среду

Выбросы паров нефти в атмосферу вблизи наливных эстакад оказывают комплексное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения [3,5]. Наиболее часто фиксируемыми последствиями являются:

– ухудшение качества атмосферного воздуха; – появление устойчивого неприятного запаха; – раздражение слизистых оболочек и органов дыхания; – головные боли, тошнота и общее ухудшение самочувствия у населения; – рост социальной напряженности и недоверия к промышленным объектам.

Длительное воздействие углеводородных паров может приводить к хроническим заболеваниям органов дыхания и нервной системы [5,7]. Кроме того, осаждение тяжелых фракций нефти на почву и растительность ухудшает состояние экосистем и снижает рекреационную привлекательность территорий.

Анализ причин неплотной герметизации наливных устройств

Основными причинами неплотного прилегания герметизирующих крышек к горловине железнодорожных цистерн являются:

1. Износ уплотнительных элементов. Резиновые и полимерные уплотнения со временем теряют эластичность, растрескиваются и перестают обеспечивать необходимую герметичность.

2. Механические повреждения. Удары, перекосы и деформации крышек и горловин возникают в процессе эксплуатации и транспортировки цистерн.

3. Конструктивные несовершенства. Универсальные крышки не всегда точно соответствуют геометрии горловин различных типов цистерн.

4. Нарушение технологии эксплуатации. Неправильная установка крышки, загрязнение уплотнительных поверхностей и отсутствие регулярного технического обслуживания.

**Рекомендации по снижению потерь от испарения нефти.** Для устранения проблемы выбросов паров нефти при наливке в железнодорожные цистерны целесообразно применять комплексный подход, включающий технические, организационные и экологические меры.

Технические рекомендации:

– внедрение усовершенствованных герметизирующих крышек с эластичными многоуровневыми уплотнениями; – использование индивидуально подгоняемых уплотнительных элементов под конкретный тип цистерны; – регулярная диагностика и замена изношенных уплотнений; – оснащение наливных эстакад системами улавливания паров углеводородов и их последующей утилизации; – переход на нижний налив нефти, характеризующийся меньшими потерями от испарения.

Организационные меры:

– разработка регламентов по контролю герметичности наливных устройств; – обучение персонала правильной установке и эксплуатации герметизирующих крышек; – ведение журналов технического состояния наливного оборудования; – ограничение наливных операций в неблагоприятных метеорологических условиях.

Экологические и социальные меры:

– организация мониторинга качества атмосферного воздуха в зоне влияния наливных эстакад; – информирование населения о принимаемых мерах по снижению выбросов; – создание санитарно-защитных зон и зеленых насаждений между промышленными объектами и жилой застройкой.

**Методика расчета потерь нефти от испарения при наливе в железнодорожные цистерны.** Для количественной оценки потерь нефти от испарения при наливе в железнодорожные цистерны используется расчетный метод, основанный на определении массы углеводородных паров, вытесняемых из газового пространства цистерны в процессе заполнения. Расчеты выполняются с учетом объема цистерны, температуры нефти, давления насыщенных паров и степени герметичности наливного устройства [6,7].

Масса потерь нефти от испарения при наливе может быть определена по выражению:

$$G = V_{\Gamma} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot k$$

где  $G$  — масса потерь нефти от испарения, кг;  
 $V_{\Gamma}$  — объем газового пространства цистерны, вытесняемый при наливе, м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{\text{п}}$  — средняя плотность паров нефти при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>;  
 $k$  — коэффициент утечки, учитывающий степень герметичности наливного устройства.

Объем вытесняемого газового пространства определяется как:

$$V_{\Gamma} = V_{\text{ц}} - V_{\text{н}}$$

где  $V_{\text{ц}}$  — полный геометрический объем железнодорожной цистерны, м<sup>3</sup>;  
 $V_{\text{н}}$  — объем заливаемой нефти, м<sup>3</sup>.

Для типовой железнодорожной цистерны объемом 73 м<sup>3</sup> при наливе нефти до уровня 95 % объем газового пространства составляет:

$$V_{\Gamma} = 73 - 69,35 = 3,65 \text{ м}^3.$$

Плотность паров нефти при температуре 30 °С принимается в среднем равной 1,6 кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент утечки  $k$  при неплотном прилегании герметизирующей крышки, по данным эксплуатационных наблюдений, может достигать 0,8–1,0.

Тогда расчетные потери нефти от испарения при наливе одной цистерны составят:

$$G = 3,65 \cdot 1,6 \cdot 0,9 = 5,26 \text{ кг}.$$

При суточном наливе 100 цистерн суммарные потери нефти составят:

$$G_{\text{сут}} = 5,26 \cdot 100 = 526 \text{ кг/сут}.$$

В пересчете на годовые потери:

$$G_{\text{год}} = 526 \cdot 365 = 192\,000 \text{ кг} \approx 192 \text{ т/год}.$$

Полученное значение наглядно демонстрирует значительный экономический и экологический ущерб, связанный с неплотной герметизацией наливных устройств.

**Оценка эффективности предлагаемых технических решений.** Внедрение усовершенствованных герметизирующих крышек и систем улавливания паров углеводородов позволяет снизить коэффициент утечки  $k$  до значений 0,05–0,1. При  $k = 0,1$  расчетные потери составят:

$$G = 3,65 \cdot 1,6 \cdot 0,1 = 0,58 \text{ кг на одну цистерну.}$$

Суточные потери при тех же условиях снизятся до:

$$G_{\text{сут}} = 0,58 \cdot 100 = 58 \text{ кг/сут,}$$

а годовые — до:

$$G_{\text{год}} = 58 \cdot 365 = 21 \text{ т/год.}$$

Таким образом, снижение потерь нефти от испарения достигает порядка 85–90 %, что подтверждает высокую эффективность предлагаемых мероприятий.

**Результаты и обсуждение.** Практика внедрения современных герметизирующих устройств и систем улавливания паров показывает, что потери нефти от испарения могут быть снижены на 80–95 % [4,6,8]. Одновременно существенно уменьшается концентрация углеводородов в приземном слое атмосферы, что положительно сказывается на санитарно-экологической обстановке и снижает количество жалоб населения.

Комплексный подход позволяет не только решить локальную техническую проблему неплотной герметизации, но и повысить общий уровень экологической ответственности предприятия.

**Заключение.** В результате проведенного исследования рассмотрена проблема потерь нефти от испарения при наливке в железнодорожные цистерны, обусловленная неплотным прилеганием герметизирующих крышек к горловинам цистерн. Установлено, что данное технологическое несовершенство является значимым источником выбросов углеводородных паров в атмосферу и оказывает негативное влияние как на экономические показатели нефтетранспортных предприятий, так и на санитарно-экологическую обстановку вблизи наливных эстакад.

Выполненные расчетные оценки показали, что при отсутствии эффективной герметизации наливных устройств потери нефти от испарения могут достигать порядка 190 т в год при среднесуточном наливке 100 железнодорожных цистерн. Такие объемы выбросов сопровождаются ухудшением качества атмосферного воздуха, появлением устойчивого запаха нефти и ростом социальной напряженности среди населения близлежащих населенных пунктов.

Показано, что внедрение усовершенствованных герметизирующих крышек, применение систем улавливания паров углеводородов, а также своевременная замена уплотнительных элементов позволяют снизить коэффициент утечки в 8–10 раз и сократить потери нефти от испарения на 85–90 %. Дополнительный эффект достигается за счет организационных мероприятий, направленных на повышение культуры эксплуатации и регулярный контроль технического состояния наливного оборудования.

Таким образом, комплексный подход, включающий техническую модернизацию

наливных устройств, совершенствование эксплуатационных регламентов и усиление экологического мониторинга, является эффективным инструментом снижения потерь нефти и минимизации негативного воздействия на окружающую среду [4,6,8]. Реализация предложенных мероприятий способствует повышению экологической безопасности нефтеналивных операций, улучшению условий проживания населения и устойчивому развитию объектов нефтетранспортной инфраструктуры.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов В.А. Летучие органические соединения и их влияние на атмосферный воздух промышленных районов // Экология и промышленность России. – 2018. – №7. – С. 34–39.
2. Дмитриев А.Н., Сорокин Ю.П. Снижение потерь углеводородов при наливе в железнодорожные цистерны // Нефтяное хозяйство. – 2019. – №5. – С. 102–106.
3. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при наливе нефти и нефтепродуктов. – М.: Росприроднадзор, 2017. – 64 с.
4. ГОСТ 1510–84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. – М.: Стандартинформ, 2019.
5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы содержания вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М., 2021.
6. СНиП 2.11.03–93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. – М., 2016.
7. EPA AP-42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Chapter 7: Liquid Storage Tanks. – U.S. Environmental Protection Agency, 2020.
8. Cheremisinoff N.P. Handbook of Air Pollution Control Technologies. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. – 620 p.

### REFERENCES

1. Gorbunov V.A. Letuchie organicheskie soedineniya i ikh vliyanie na atmosferyi vozdukh promyshlennykh raionov [Volatile organic compounds and their influence on the atmospheric air of industrial areas] // Ekologiya i promyshlennost Rossii. – 2018. – №7. – S. 34–39. – (In Rus)
2. Dmitriev A.N., Sorokin Yu.P. Snizhenie poter uglevodorodov pri nalive v zheleznodorozhnye tsisterny [Reduction of hydrocarbon losses during loading into railway tank cars] // Neftyanoe khozyaistvo. – 2019. – №5. – S. 102–106. – (In Rus)
3. Metodicheskie ukazaniya po raschetu vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu pri nalive nefi i nefteproduktov [Methodological guidelines for calculating emissions of pollutants into the atmosphere during the loading of oil and oil products]. – М.: Rosprirodnadzor, 2017. – 64 s. – (In Rus)
4. GOST 1510–84. Neft i nefteprodukty. Markirovka, upakovka, transportirovanie i khranenie [Oil and petroleum products. Marking, packaging, transportation and storage]. – М.: Standartinform, 2019. – (In Rus)
5. SanPiN 1.2.3685-21. Gigienicheskie normativy sodержaniya vrednykh veshchestv v atmosfernom vozdukh naseleennykh mest [Hygienic standards for the content of harmful substances in the atmospheric air of populated areas]. – М., 2021. – (In Rus)
6. SNiP 2.11.03–93. Sklady nefi i nefteproduktov. Protivopozharnye normy [Warehouses for oil and petroleum products. Fire safety standards]. – М., 2016. – (In Rus)
7. EPA AP-42. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Chapter 7: Liquid Storage Tanks. – U.S. Environmental Protection Agency, 2020.
8. Cheremisinoff N.P. Handbook of Air Pollution Control Technologies. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. – 620 p.