

# Эксплуатация мелкой тары и контейнер-цистерн из полимерных материалов для хранения и транспортирования нефтепродуктов в условиях Арктики

**М. Н. ДЕНИСЮК** – к.т.н., доцент кафедры электроэнергетики, метрологии

и лесопромышленных технологий Ухтинского государственного технического университета

**Д. А. БОРЕЙКО** – к.т.н., доцент, советник при ректорате по науке, доцент кафедры бурения,

машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов Ухтинского государственного технического университета

**М. А. МИХЕЕВСКАЯ** – к.т.н., доцент кафедры электроэнергетики, метрологии и лесопромышленных технологий Ухтинского государственного технического университета

Основными емкостями (тарой) для хранения и транспортирования нефтепродуктов в места постоянной или временной дислокации воинских частей и подразделений в районах Крайнего Севера и Арктики в настоящее время является металлическая тара объемом 200 литров. Несмотря на ряд преимуществ, она обладает существенными недостатками, обусловленными проблемами вывоза из мест дислокации потребителей нефтепродуктов, что привело к появлению проблемы на межгосударственном уровне в части негативного техногенного экологического воздействия на окружающую среду. Сегодня продолжают предприниматься значительные усилия на федеральном и региональном уровнях по очистке территорий Арктики, островов Ледовитого океана, Крайнего Севера и т.д.

**Т**аким образом, возникает проблемный вопрос, связанный с созданием тары для нефтепродуктов, обеспечивающей возможность ее эксплуатации и последующей утилизации в условиях Крайнего Севера, Арктики и приравненных к ним территорий или кардинальным сокращением затрат на вывоз отработанной тары из мест ее эксплуатации.

Нерешенность этой проблемы в течение длительного времени привела к тому, что Российская часть Арктики на современном этапе является одним из самых загрязненных мест из-за огромного количества брошенной металлической тары (бочек) с остатками нефтепродуктов (НП), другим оборудованием, оставленным войсковыми частями. Возвращение армейских подразделений на указанные территории приведет к необходимости возобновления поставок огромного объема нефтепродуктов в таре предыдущего поколения, что только усугубит существующее тяжелое экологическое состояние окружающей среды.

Предлагаемое и альтернативное научно-техническое решение обозначенной выше проблемы заключается в замене наиболее распространенной 200-литровой металлической тары на тару, изготовленную из полимерного композиционного материала (ПКМ). Создаваемая тара из ПКМ должна соответствовать всем эксплуатационным требованиям (транспортировка и хранение) НП в условиях Крайнего Севера, Арктики и приравненных к ним территорий, а также обеспечивать кардинальное снижение затрат на ее утилизацию, например, вывоз из района эксплуатации или утилизации на месте эксплуатации. Предлагается два направления решения указанной проблемы.

## **Первое направление А:**

- разработка ПКМ для изготовления тары для нефтепродуктов, обеспечивающей эксплуатационные требования в районах Крайнего Севера, Арктики и приравненных к ним территорий;
- утилизация использованной тары из ПКМ осуществляется ее предварительной переработкой путем измельчения, загрузкой в аналогичную тару и вывоз на дальнейшую переработку (рециклинг) на соответствующие предприятия на материке (логистическая задача). Пример, завезли N количества тары  $N=N_1+N_2$ , после использования НП и измельчения тары имеем, где  $N_1$  – количество измельченной тары,  $N_2$  – целая тара без НП, куда ссыпается измельченный материал, полученный из  $N_1$  тары. Например, для  $N=100$ , при определенной измельченности тары  $N_1$ , получается  $N_1=95$ ,  $N_2=5$ , т.е. количество тары, увозимой обратно для рециклинга, уменьшается примерно в 20 раз.

Предлагается следующая технология: после перекачки НП из тары непосредственному потребителю она подвергается измельчению.

## **Эта технология предусматривает следующие этапы:**

а) перед процессом измельчения проводят сортировку отработавшей тары на две неравные партии и осуществляют маркировку каждой тары в соответствующей партии, в первую партию относят тару, содержащую минимальное количество жидких остатков нефтепродуктов и которую будут измельчать, а во вторую партию входит тара, в которую будут засыпать измельченный материал, при этом после измельчения первой партии тары вся тара из второй партии должна быть полностью заполнена измельченным материалом;

б) размеры измельченных частиц определяют из условия обеспечения насыпной плотности, соответствующей не более плотности нефтепродуктов, которыми ранее заполнялась тара, и условия обеспечения размещения измельченной тары из первой партии в таре второй партии;

в) масса загружаемого в тару измельченного материала не должна превышать исходной массы заправляемых нефтепродуктов, заполнение тары измельченным материалом осуществляют в процессе измельчения и, после заполнения всего объема тары измельченным материалом, закрывают заправочно-сливное отверстие крышкой;

г) загружают тару с измельченным продуктом на поддоны, которые использовались для доставки тары с нефтепродуктами и осуществляют доставку в центральную систему рециклинга, находящуюся, например, в местах изготовления тары.

#### **Второе направление Б:**

- разработка ПКМ для изготовления тары для НП, обеспечивающего эксплуатационные требования в районах Крайнего Севера, Арктики и приравненных к ним территорий, с возможностью дальнейшего изготовления пеллет из этой тары в местах эксплуатации и их сжигания в битопливных котельных установках;
- при сжигании изготовленных пеллет должны обеспечиваться заданные теплотехнические и экологические характеристики продуктов сгорания пеллет, например, за счет введенных наполнителей (горючего) в состав ПКМ и окислителя в состав пеллет, использования дополнительных фильтров на котельные установки для очистки газов.

Количество и состав, вводимого горючего в ПКМ и окислителя определяют из условия стехиометрического соотношения, при оценке количества окислителя учитывается также окислитель, находящийся в атмосферном воздухе при сжигании пеллеты в бытовых печах и котельных.

Для достижения цели определяют перечень и значения характеристик, которыми должен обладать создаваемый ПКМ на основе матрицы поликарбоната и составляют массив возможных составов, вводят добавку горючего, далее проводят испытания на соответствие заданным требованиям эксплуатации.

После проведения испытаний уточняют возможный состав и осуществляют измельчение каждого образца до гранул, вводят окислитель и изготавливают пеллеты. После этого определяют характеристики горения, а также токсичность продуктов сгорания. В случае необходимости повышения характеристик горения и снижения токсичности продуктов сгорания, определяют расчетным путем необходимое количество окислителя, для введения в состав пеллет. Выбор типа горючего на этапе разработки ПКМ и окислителя на этапе изготовления пеллет осуществляют в зависимости от состава ПКМ, а также условий пожаровзрывобезопасности в процессе изготовления и хранения, проводят повторное определение теплотехнических и экологических характеристик каждого образца пеллет. Выбор состава оптимизированного ПКМ из возможных составов ПКМ и типа окислителя и горючего осуществляют из условия достижения обеспечения не более заданного экологического воздействия на окружающую среду и заданных характеристик горения.

В варианте Б исключается необходимость возврата тары на материк для последующего использования, а также уменьшается расход горючего (дизельное топливо, котельное топливо и т.д.) на получение тепловой энергии.

Исходя из предложенных направлений утилизации, разработаны требования к дополнительному оборудованию для измельчения тары и изготовления пеллет на территориях эксплуатантов тары для НП; разработаны требования и предложены варианты битопливных котлов, работающих на твердом (пеллеты) и жидком топливе (НП), для использования в отопительных установках на территориях эксплуатантов тары для НП.

Итак, в соответствии с основной тарой для транспортировки нефтепродуктов и жидких химических реагентов являются бочки стальные сварные и закатные с гофрами на корпусе выполненные по ГОСТ 13950 [8] (рис. 1). Имеющаяся инфраструктура ориентирована на складирование, транспортировку, паллетирование и эксплуатацию данной тары.

Разрабатываемая тара не должна вносить изменения в эксплуатируемую инфраструктуру и обладать аналогичными габаритными и присоединительными размерами, а также устойчивостью при осевом нагружении при штабелировании.



*Рис. 1. Бочка стальная сварная с гофрами на корпусе*

На основании проведенных исследований в качестве прототипа для изготовления демонстрационного образца выбрана бочка БЧ 1-4 цилиндрическая с узкой горловиной по ГОСТ Р 52620 (рис. 2). Данная тара обладает габаритными размерами, близкими к бочкам, ее геометрия адаптирована под технологические процессы изготовления тары из полимерных материалов.



*Рис. 2. Бочка БЧ 1-4 цилиндрическая с узкой горловиной*





**Рис. 3. Демонстрационный образец, полученный методом 3D-печати**

С учетом имеющихся технологических ограничений было принято решение изготовить демонстрационный образец в масштабе 1:5. Наиболее рациональным и целесообразным методом демонстрации прототипа в настоящее время является 3D-моделирование. 3D-модель демонстрационного образца представлена на рис. 4.

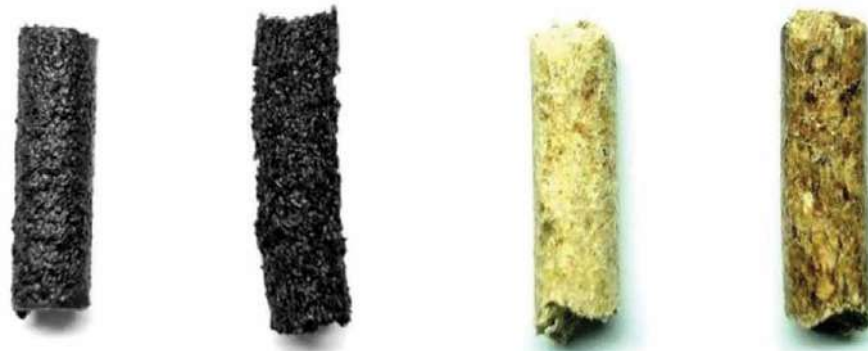


**Рис. 4. 3D-модель демонстрационного образца**

С целью ускорения изготовления демонстрационного образца для демонстрации на выставках были изготовлены 2 образца методом 3D-печати (рис. 3).

Данные демонстрационные образцы были представлены на Международном военно-техническом форуме «Армия-2021» и специальных командно-штабных учениях «Запад-2021».

Представленная геометрия разрабатываемой тары не является окончательной и возможна ее доработка в соответствии с дополнительными требованиями эксплуатации. Фотографии исследованных образцов (пеллет) представлены на рис. 5.



**Рис. 5. Фотографии исследованных образцов слева-направо: пеллета без окислителя (П), пеллета с окислителем (Пок 115, 215, 315, 415), березовая пеллета (Пб), хвойная пеллета (Пх)**

Таким образом, сформулированы две научные проблемы, решение которых позволит получить ожидаемый результат: обеспечение нефтепродуктами районов Крайнего Севера, Арктики и приравненных к ним территорий при одновременном кардинальном снижении техногенного воздействия на окружающую среду.

**Проблема 1** – разработка ПКМ, обеспечивающего эксплуатационные характеристики тары для НП при низких температурах с кардинальным сокращением техногенного воздействия на окружающую среду отработанной тары в местах эксплуатации, решение которой предполагается в направлении А.

**Проблема 2** – изготовление пеллет из синтезированного ПКМ, обеспечивающего возможность сжигания в традиционных битопливных котлах с обеспечением теплотехнических и экологических характеристик в условиях Крайнего Севера, Арктики и приравненных к ним территорий, решение которой предполагается в направлении Б. Однако проблема сжигания пеллет связана с проблемой синтеза ПКМ, поэтому она является вторичной.

Кроме того, успешность решения задач Вооруженными силами Российской Федерации в Арктической зоне напрямую зависит от качества функционирования системы материально-технического обеспечения (МТО). Эффективность обеспечения войск (сил) ракетным топливом и горючим, как немаловажной составляющей системы МТО, определяется надежной работой полевых и стационарных складов горючего, и, в частности, резервуаров как основных средств хранения топлив.

Согласно Типажу технических средств служб тыла, наиболее перспективными элементами стационарных и полевых складов и баз хранения горюче-смазочных материалов являются контейнер-цистерны, состоящие из металлоконструкции в виде рамы и цистерны в виде горизонтального цилиндрического резервуара объемом 20 м<sup>3</sup>.

Согласно Ведомственным строительным нормам проектирования складов горючего Министерства обороны Российской Федерации (ВСН 34-02-07), резервуары устанавливаются наземным способом в следующих случаях:

- 1) в связи с техническими требованиями по хранению горючего;
- 2) в районах вечной мерзлоты, на площадках со скальными или мало сжимаемыми при оттаивании грунтами, а также в тех случаях, когда наземная установка является необходимой мерой по обеспечению сохранения грунтов основания в мерзлом состоянии;
- 3) для хранения в резервуарах мазута и при использовании в технологических установках [1].

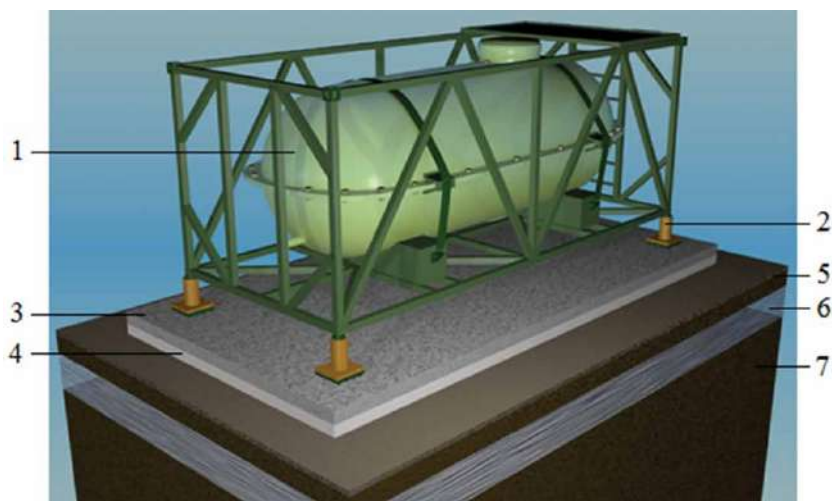


**Рис. 6. Фрагмент постановки бетонной площадки на сваях в грунт**

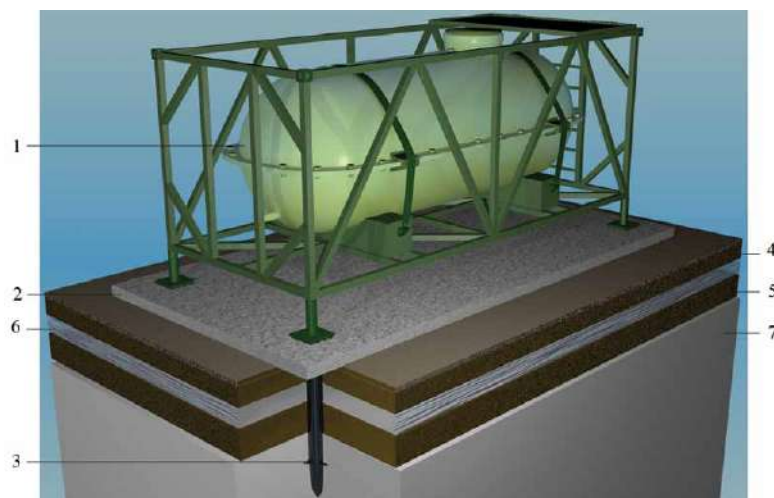
Согласно руководству по расчету и конструированию металлических резервуаров и трубопроводов на складах горючего МО РФ (ВСП 34-01-03) в районах вечномёрзлых грунтов горизонтальные резервуары целесообразно устанавливать наземно в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01, СНиП 2.02.04.

Наиболее приемлемы для размещения горизонтальных резервуаров в районах вечной мерзлоты площадки с сыпучемерзлыми и монолитными скальными грунтами. В качестве теплоизолирующего материала может быть использован пенополистирол толщиной 9х10 см, керамзитобетон толщиной 20:25 см. Уклон спланированной поверхности с асфальтовым или бетонным покрытием должен составлять не менее 5%, с фунтовым – не менее 10% и без покрытия – не менее 30%.

В целях предотвращения растекания горючего, при повреждениях (разрушении) наземных резервуаров вокруг резервуаров (группы резервуаров) устраивается обвалование. Высота обвалования рассчитывается с учетом удержания не менее 2/3 полной вместимости резервуара (группы резервуаров). Кроме того, резервуары должны быть окружены водоотводными каналами (глубиной порядка 0,5 метра), расположенными на удалении 1,5–4,8 метра от низа насыпи.



**Рис. 7. Установка контейнер-цистерны на бетонной площадке с применением теплоизоляционных материалов: 1 – резервуар; 2 – теплоизолированные опорные лапы; 3 – бетонная площадка; 4 – теплоизоляционная подушка; 5, 7 – слои почвы; 6 – вечномёрзлый грунт**



**Рис. 8. Установка контейнер-цистерны на бетонной площадке с применением свай: 1 – резервуар; 2 – бетонная площадка; 3 – металлическая винтовая свая; 4, 5 – слои почвы; 6 – вечномёрзлый грунт; 7 – скальная порода**

Для зон уплотнения рекомендуется применять следующие грунты: крупнозернистые и среднетоннозернистые пески; супеси; песчано-гравийные смеси; легкие и средние суглинки; дресвяные; галечниковые; щебенистые.

В весенне-летние периоды оттаивания вечномёрзлых грунтов арктической зоны возможно значительное опускание конструкции контейнер-цистерны (КЦ) в почву. Для предотвращения этого необходимо создание зон уплотнений и установка КЦ на бетонную площадку. Кроме того, солнечное воздействие на металлокаркас приводит к теплопередаче на грунт, что ускоряет оттаивание. Таким образом, для минимизации передачи тепла необходимо использование теплоизоляционной подушки под бетонной площадкой и теплоизоляционных материалов на опорных лапах металлокаркаса КЦ.

В качестве теплоизоляционной подушки также возможно использование базальтовых техноблоков, пенопласта, пенополиуретана. Для изоляции опорных лап возможно использование минеральной ваты, войлока шерстяного, пенополистирола, вспененного полиэтилена.

Кроме того, для предотвращения ухода КЦ в оттаявший грунт при наличии скальных и полускальных пород возможен вариант постановки бетонной площадки на сваи (рис. 6).

При глубине залегания скальных и полускальных пород в 3–4 метра устанавливаются железобетонные или металлические сваи, а при глубине более 4 м – сваи с заглублением в толщу ненарушенной структуры путем устройства буровых скважин.



При наличии значительных трещин в скальных породах для качественной установки свай в трещины нагнетается цементный раствор под давлением.

Итак, нами предложено два варианта установки контейнер-цистерн на бетонной площадке в районах вечномёрзлых и просадочных грунтов Арктической зоны Российской Федерации:

- 1) с применением теплоизоляционных материалов (рис. 7);
- 2) с применением свай при наличии скальных и полускальных пород в почве (рис. 8).

Таким образом, нами наглядно представлены и описаны предложения с учетом особенностей по эксплуатации контейнер-цистерн в Арктической зоне Российской Федерации с целью выбора варианта установки для различных условий местности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. ВСН 34-02-07. Ведомственные строительные нормы проектирования складов горючего Министерства обороны Российской Федерации.
2. ВСП 34-01-03. Руководство по расчету и конструированию металлических резервуаров и трубопроводов на складах горючего МО РФ.
3. Анисимова С. Е., Сериков Д. Ю., Жаркова В. В. Перспективы использования ESG-принципов в нефтегазовом секторе экономики // СФЕРА. Нефть и Газ: всерос. отр. инф.-техн. журн. – М.: ООО «ИД «СФЕРА», 2023. – №2. – С. 32–34.
4. Булат А. В., Ивановский В. Н., Мурадов А. В., Сериков Д. Ю. К вопросу о необходимости использования современных технических терминов и определений // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2023. – №7–8. – С. 60–64.
5. Серикова У. С., Сериков Д. Ю. Обеспеченность ресурсами углеводородов – главный фактор социально-экономического и инфраструктурного развития российской Арктики // СФЕРА. Нефть и Газ: всерос. отр. науч.-техн. журн. – М.: ООО «ИД «СФЕРА», 2018. – №1. – С. 106–112.
6. Способ утилизации отработавшей пластиковой тары для нефтепродуктов, находящейся в удаленных территориях и устройство для его реализации / Трушляков В. И., Русских Г. С. и др.; заявитель и патентообладатель

«Омский государственный технический университет». – №2021122766, заявл. 30.07.2021.

7. Спиридонов С. В., Сериков Д. Ю. Математическое моделирование транспорта газа на базе смешанных вычислительных систем // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2017. – №8. – С. 32–36.
8. ГОСТ 15846-2002. Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение. – Введ. 12.04.02. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 56 с.
9. Володина И. Н., Анисимова С. Е., Сериков Д. Ю. Повышение качества межотраслевых связей важный фактор развития нефтегазовой промышленности // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2021. – №4. – С. 28–33.
10. Мягков К. А., Гаффанов Р. Ф., Сериков Д. Ю. Совершенствование методики расчета на прочность фланцевых соединений // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2018. – №3. – С. 40–15.
11. Борейко, Д. А. Анализ методов моделирования элементов конструкций машин и агрегатов для автоматизации оценки их напряженно-деформированного состояния / Д. А. Борейко, Д. Ю. Сериков // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – № 3(572). – С. 35–39.
12. ГОСТ 13950-91. Бочки стальные сварные и закатные с гофрами на корпусе. – Введ. 01.01.93. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 57 с.
13. Маслин А. И., Новиков А. С., Сериков Д. Ю. Высокотехнологичное промысловое оборудование // СФЕРА. Нефть и Газ: всерос. отр. науч.-техн. журн. – М.: ООО «ИД «СФЕРА», 2018. – №1. – С. 30–35.
14. Мягков К. А., Танненберг Н. В., Пестунов В. А., Гаффанов Р. Ф., Сериков Д. Ю. Анализ эффективности работы самостабилизатора давления от воздействия гидроудара в системе // СФЕРА. Нефть и Газ: всерос. отр. науч.-техн. журн. – М.: ООО «ИД «СФЕРА», 2017. – №5. – С. 48–55.
15. ГОСТ Р 52620-2006. Тара транспортная полимерная. Общие технические условия. – Введ. 27.12.06. – М.: Стандартиформ, 2007. – 45 с.
16. Манираки А. А., Сериков Д. Ю., Гаффанов Р. Ф., Серикова У. С. Проблемы выбора методов модернизации промышленных предприятий // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – №1. – С. 28–33.
17. Блинков И. О., Блинков О. Г., Сериков Д. Ю. Оценка результативности внедрения инноваций как фактора конкурентного иммунитета промышленного предприятия // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – №4. – С. 48–51.
18. Анисимова С. Е., Ефимочкина Н. Б., Сериков Д. Ю. Коммуникативное пространство HR брендинга в digital-среде // СФЕРА. Нефть и Газ: всерос. отр. науч.-техн. журн. – М.: ООО «ИД «СФЕРА», 2019. – №6. – С. 26–27.
19. Способ разработки полимерного композиционного материала с учетом его последующей утилизации и устройство для его реализации / Трушляков В. И., Русских Г. С. и др.; заявитель и патентообладатель «Омский государственный технический университет». № 2021113867, заявл. 17.05.2021.
20. Сериков, Д. Ю. Автоматизированная оценка напряженно-деформированного состояния оболочковой конструкции газоконденсатной разделительной емкости со скрытым расслоением металла / Д. Ю. Сериков, Д. А. Борейко // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – № 6(575). – С. 29–32.
21. Маслин А. И., Новиков А. С., Сериков Д. Ю. Повышение эффективности нефтепромыслового оборудования // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2018. – №4. – С. 9–15.
22. Блинков О. Г., Анисимова С. Е., Сериков Д. Ю. Особенности развития инновационной деятельности на предприятиях нефтегазового машиностроения // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2019. – №6. – С. 5–8.
23. Володина И. Н., Анисимова С. Е., Сериков Д. Ю. Влияние цифровизации на управленческие процессы предприятий нефтегазовой отрасли // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2020. – №6. – С. 34–36.
24. Ефимочкина Н. Б., Анисимова С. Е., Сериков Д. Ю. Внутрикорпоративные коммуникации как инструмент управления нефтегазового предприятия // СФЕРА. Нефть и Газ: всерос. отр. инф.-техн. журн. – М.: ООО «ИД «СФЕРА», 2022. – №2. – С. 84–87.