

Шавердо О.В., канд. техн. наук, доц. Бирюк В.А., Гасанова Ч.В.

ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНОСТЬ СЛИВО-НАЛИВНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ПЕРЕВАЛКЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОПЛИВА

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск

Данная работа посвящена исследованию проблемных вопросов обеспечения безопасности сливо-наливных операций при наполнении автоцистерн нефтепродуктами.

Приведена статистическая информация об объемах производства и потребления нефтепродуктов, дана характеристика основных этапов транспортировки нефтепродуктов и способов слива-налива в автоцистерны.

Проведен анализ пожарной опасности, рассмотрены основные причины пожаров и взрывов при наполнении автоцистерн нефтепродуктами.

Обозначены пути снижения взрывопожароопасности сливо-наливных операций.

Ключевые слова: перевозка опасных грузов, нефтепродукты, пожар, взрыв, сливо-наливные операции

Ph.D. in Technology, Associate Professor Biruk V.A., Shaverdo O.V., Ghasanova Ch.V.

EXPLOSION AND FIRE SAFETY OF DRAINING AND FILLING OPERATIONS WHEN FILLING TANKERS WITH OIL PRODUCTS

The State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus", Minsk

This paper considers a study of problem issues by ensuring the safety of tank-truck draining and filling operations.

Statistics of the amount of production and consumption of oil products, characteristics of the main stages of oil products transportation and methods of tank-truck draining and filling is provided.

An analysis of fire danger, as well as key reasons of explosions and fires in cases tank-truck draining and filling, is considered.

Ways for reducing explosion and fire hazard during tank-truck draining and filling operations are outlined.

Keywords: transportation of dangerous goods, oil products, fire, explosion, tank-truck draining and filling operations.

Введение

В последние десятилетия мировой рынок нефтепродуктов стал одним из самых значимых мировых товарных рынков. Крупные масштабы торговли нефтепродуктами объясняются в первую очередь высоким уровнем спроса как

для конечного потребления, так и для дальнейшего использования нефтепродуктов в качестве сырья в различных отраслях промышленности.

Республика Беларусь активно вовлечена в мировой рынок нефтепродуктов. Объем нефтепереработки в Беларуси в 2020 году составил 313 тысяч баррелей в день, занимая 0,4 % мировой нефтепереработки.

Производственные мощности в Беларуси составляют 520 тысяч баррелей в сутки, что составляет 0,5 % от мировых производственных мощностей. В 2017-2018 годах в Беларуси были увеличены нефтеперерабатывающие мощности на 60 тысяч баррелей в сутки.

В Беларуси функционируют два нефтеперерабатывающих завода: Мозырский и Новополоцкий. Мозырский НПЗ является предприятием топливного профиля, введен в эксплуатацию в 1975 году. Мощность нефтепереработки Мозырского НПЗ составляет 280 тысяч баррелей в сутки, а глубина переработки – около 85 %, выход светлых нефтепродуктов – 67 %. Новополоцкий НПЗ является предприятием топливно-масляного профиля, введен в эксплуатацию в 1963 году. Мощность нефтепереработки составляет 240 тысяч баррелей в сутки, а глубина переработки – 92 %, выход светлых нефтепродуктов – до 73 %.

Белорусские НПЗ работают в большей степени на импортируемой из России нефти, так как запасов белорусской нефти не хватает для удовлетворения внутреннего спроса на нефтепродукты.

По данным опубликованных отчетов Национального статистического комитета Республики Беларусь [1], динамика потребления автомобильного бензина и дизельного топлива в нашей стране является положительной и представлена на рисунках 1 и 2.

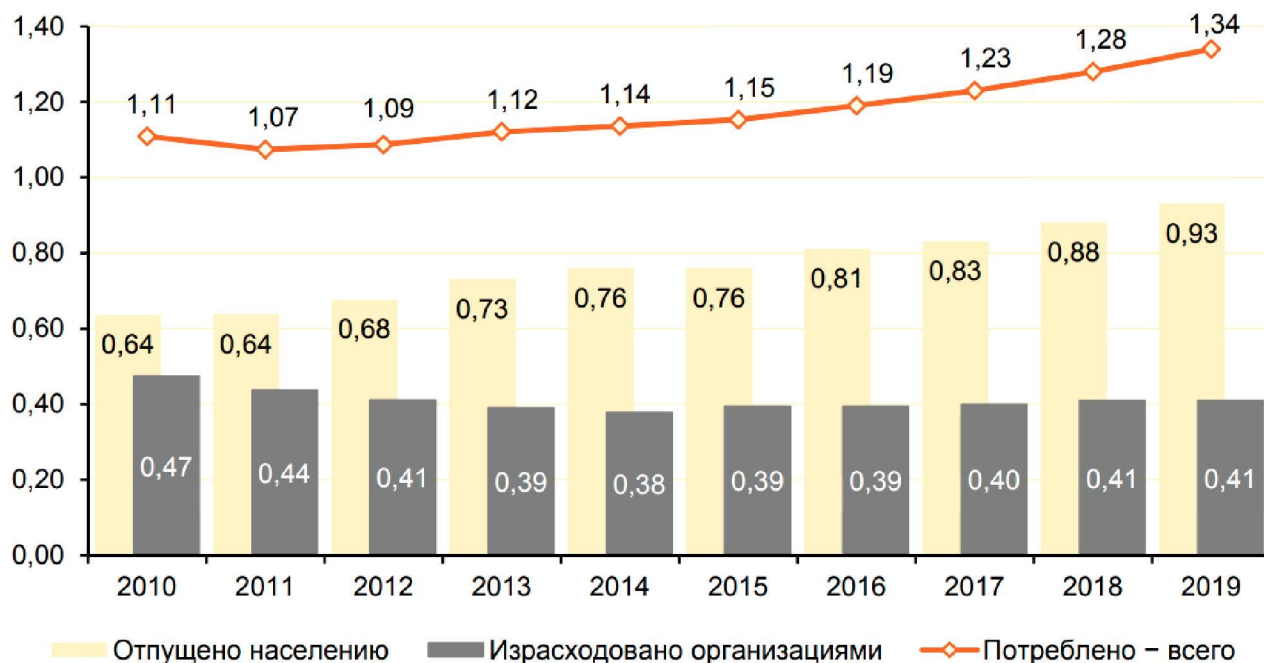


Рисунок 1. – Динамика потребления бензина автомобильного в Республике Беларусь (млн. т)

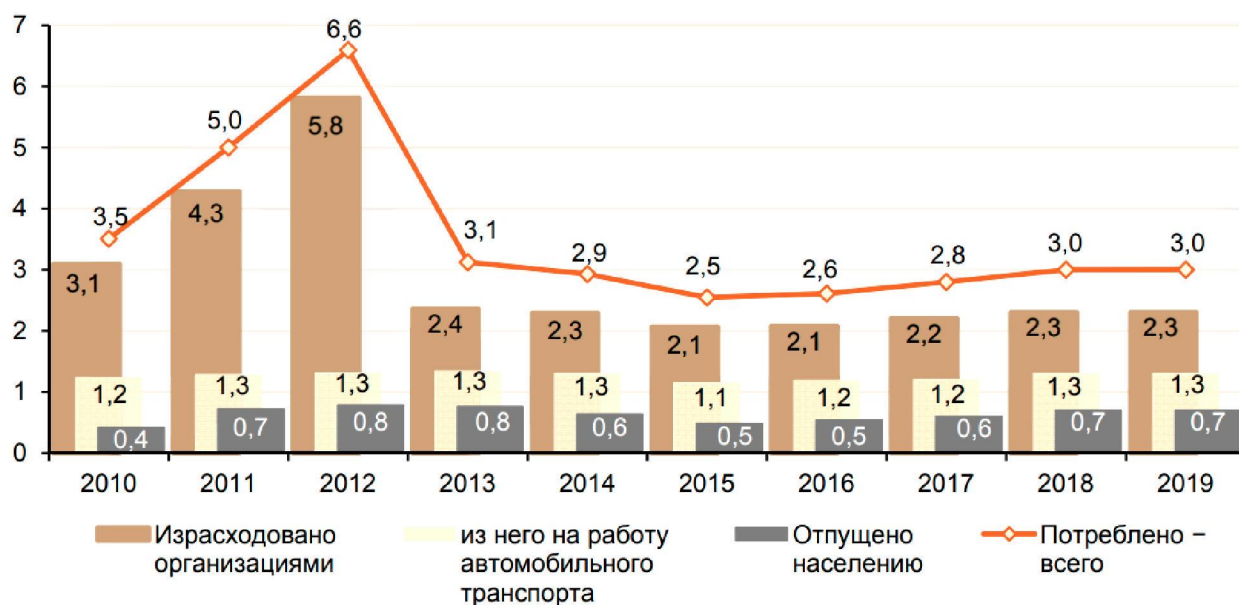


Рисунок 2. – Динамика потребления дизельного топлива в Республике Беларусь (млн. т)

Возрастающие потребности в нефтепродуктах у населения и организаций вызывают необходимость перевозить огромное количество опасных грузов автомобильным, железнодорожным, воздушным и водным транспортом. Два этих фактора привели к тому, что через нашу страну пролегает большое количество магистралей и путей, по которым двигаются транспортные средства, перевозящие опасные грузы. Объем перевезенных опасных грузов через таможенную границу Республики Беларусь составляет около 12,5 млн. т, из них около 2,5 млн. т – автомобильным транспортом.

Как показывает практика, около 30 % аварийных ситуаций происходит у отправителя грузов при осуществлении операций по наполнению автоцистерн, 25 % происшествий происходит при перевозке в автоцистернах и столько же при сливе топлива на нефтебазах или автозаправочных станциях. Кроме того, пожароопасные ситуации имеют место при обслуживании спецтранспорта и во время перемещения пустых автоцистерн. Для снижения рисков пожароопасности и негативного влияния на окружающую среду разрабатываются специальные требования, которые являются обязательными для исполнения перевозчиками нефтепродуктов.

Деятельность в области перевозки таких опасных грузов регламентируется как международным, так и национальным законодательством. Международное право состоит в основном из документов, принимаемых под эгидой Организации Объединенных Наций. Одним из важнейших международных документов, регулирующих вопросы перевозки опасных грузов автомобильным транспортом, является Соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов от 30 сентября 1957 года (ДОПОГ) [3], к которому Республика Беларусь присоединилась постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 ноября 1992 г. № 721. Национальное законодательство гармонизировано с международными нормами. В Республике Беларусь принят Закон Республики Беларусь от 6 июня 2001 г. № 32-З «О перевозке опасных грузов» [4], а также

ряд подзаконных актов, регламентирующих взаимоотношения в области перевозки опасных грузов (правила, инструкции и т.д.).

Основная часть

Этапы перевозки нефтепродуктов

Перевозка нефтепродуктов состоит из нескольких этапов. Как правило, это загрузка железнодорожных цистерн на нефтеперерабатывающем заводе; перевозка опасного груза железнодорожным транспортом; слив опасного груза в резервуары на нефтебазе; загрузка опасного груза в автоцистерны; доставка на АЗС.

Как мы видим, с момента добычи до непосредственного использования нефтепродукты подвергаются большому количеству перевалок (перегрузок). Слив-налив нефтепродуктов является основной операцией технологического цикла транспортировки различных видов моторных топлив и производится с помощью специальных установок, стояков налива, насосов. Все эти устройства обеспечивают пожаровзрывобезопасность и наименьшее загрязнение окружающей среды, однако не исключают потери транспортируемого продукта.

Налив нефтепродуктов в автоцистерны производится на наливных пунктах, в том числе наливных эстакадах.

Налив нефтепродуктов осуществляется с помощью специально предназначенных для этой цели установок, насосов. Именно эти приспособления слива-налива нефтяной продукции обеспечивают наибольшую пожаробезопасность и наименьший ущерб окружающей среде.

В Республике Беларусь применяют два способа налива – верхний и нижний. При верхнем наливании в начале наполнения топливо может подаваться в емкость свободнопадающей струей. Это приводит к образованию статического заряда на поверхности жидкости. При нижнем наливании также возможно образование статического заряда за счет трения слоев жидкости о стенки емкости.

Основным видом потерь нефтепродуктов, безусловно, являются потери от испарения, на долю которых приходится около 75 %. По оценкам специалистов, поступление углеводородов при испарении нефтепродуктов в атмосферу составляет от 20 до 100 млн. т ежегодно, причем около 9 млн. т из них выпадает обратно с осадками.

Отечественный и зарубежный опыт по проведению сливо-наливных операций при загрузке транспортных средств нефтепродуктами свидетельствует, что взрывы при их проведении наносят сильный ущерб, могут иметь катастрофические последствия, сопровождаться гибелью людей и большими материальными потерями.

В Республике Беларусь и Российской Федерации имели место инциденты при проведении операций по наполнению автомобильных цистерн нефтепродуктами. В мировой практике в последние годы было зафиксировано несколько серьезных аварий с автоцистернами, перевозящими опасные грузы 3-го класса, повлекшие за собой значительные человеческие жертвы.

Анализ причин взрывов автоцистерн

Опыт эксплуатации автоцистерн при перевозке нефтепродуктов свидетельствует, что до 80 % аварий происходит во время проведения сливо-наливных операций. Главными причинами этих аварий являются следующие: несоблюдение правил эксплуатации технологического оборудования (в соответствии с их технологическими схемами); правил техники безопасности при работе с нефтепродуктами; использование неисправных устройств по отводу статического электричества (либо неиспользование таковых); использование нештатного (неомедленного) инструмента при монтаже (демонтаже) оборудования; проведение сливо-наливных работ во время грозы; подача нефтепродукта в цистерну «падающей» струей; пользование электрофонарями не во взрывозащищенном исполнении, отсутствие искрогасителей на автоцистернах при въезде на территорию объектов с хранением нефтепродуктов и т.п.

Отечественная и зарубежная статистика свидетельствует о высоком уровне риска возникновения чрезвычайных ситуаций при перевалке нефтепродуктов.

Так, 06.02.2015 в г. Белоярский произошел взрыв паров нефтепродуктов при наполнении автоцистерны дизельным топливом. Автомобиль не был заглушен.

22.04.2015 в п. Первомайский Щекинского района Тульской области при наполнении автоцистерны топливом на территории нефтебазы ООО «Россервис» произошло ее возгорание, пламя перешло на всю площадь автомобиля и цистерны. В результате разрушения цистерны произошел разлив топлива, что привело к пожару и гибели одного человека.

23.05.2016 во время выполнения работ по наполнению автоцистерны дизельным топливом на территории комплексной автозаправочной станции РУП «Белоруснефть-Минскавтозаправка», расположенной в г. Минске, произошло возгорание паров нефтепродуктов. В результате этого водитель получил тяжкие телесные повреждения. Предположительно возгорание могло произойти от разряда статического электричества, возникшего в автоцистерне при наполнении ее дизельным топливом, в результате выдавливания паров остатков бензина.

24.11.2016 на складе хранения нефтепродуктов в Тракторозаводском районе г. Волгограда прогремел взрыв паровоздушной смеси при наливке в автоцистерну дизельного топлива бензовоза марки КАМАЗ. В результате ЧП пострадавший работник нефтяной компании «Роснефть» получил ожог 30 % тела.

31.07.2019 на объекте «Нефтегазовый комплекс г. Брест» (ИООО «ЛУ-КОЙЛ Белоруссия») произошло возгорание опасного груза во время проведения наливной операции в автомобильную цистерну, находящуюся на топливной рампе.

Как показал анализ аварийных ситуаций, характерны следующие виды развития аварийных процессов:

- взрывы газопаровоздушных смесей в объеме цистерны;
- разлитие взрывопожароопасных жидкостей.

При этом наиболее опасными являются взрывы газопаровоздушных смесей в корпусе цистерны, для реализации которых необходимо наличие двух факторов (рисунок 3):

- критическая величина концентрации паровоздушной смеси (2–6 об. %), которая образуется при наливе бензина в начальный момент;
- присутствие детонатора.

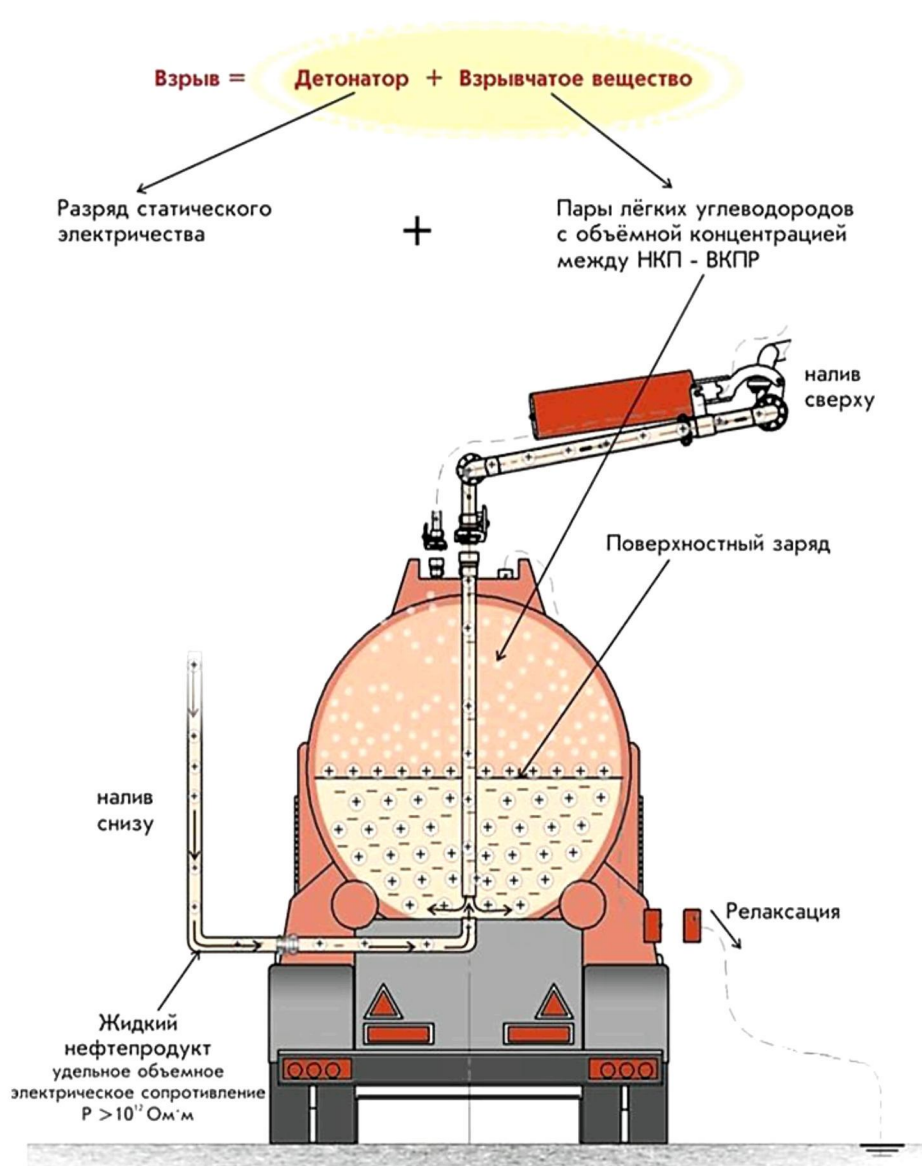


Рисунок 3. – Условия образования взрывоопасных паровоздушных смесей при разных способах налива нефтепродуктов [2]

Основным источником зажигания в этом случае чаще всего является статического электричество. Так, в процессе движения с продуктом или без него автоцистерна может приобрести электростатический потенциал до величины пробойного напряжения воздуха $3 \cdot 10^6$ В/м и при касании заземленным проводником корпуса автоцистерны. На расстоянии 1 мм достаточно потенциала (напряжения) 3000 В, чтобы возник искровой разряд.

При исследованиях электризации нефтепродуктов на стадии наполнения цистерн и влиянии сопротивления заземленного проводника на величину электростатического заряда обнаружены характерные признаки подобных явлений [5]:

1. Величина электростатического заряда в объеме нефтепродукта определяется его электропроводностью.

2. Величина накопленного суммарного электрического заряда на цистерне не зависит от электропроводности цистерны, определяется только электрическим сопротивлением ее заземления.

Суммарный электростатический заряд объема нефтепродукта, находящегося в цистерне, передается в течение определенного времени на металлическую оболочку цистерны и далее стекает на землю. Принято, что данный процесс подчиняется некоторой экспоненциально-временной зависимости. Вид ожидаемой экспериментальной зависимости пока не установлен. На стенках реальной емкости, находящейся в длительной эксплуатации с целью транспорта или хранения продуктов с разной вязкостью и другими свойствами, всегда остаются твердые остатки в виде пленки, затрудняющей быструю утечку электростатических зарядов. Таким образом, гарантированного (с вероятностью $\approx 100\%$) способа устранения электростатических зарядов из нефтепродуктов при их наливе, сливе и хранении пока не найдено.

В этой связи приходится обращать внимание на другие факторы возникновения взрывов, а именно: кроме источника электростатических разрядов для возникновения взрывного процесса необходимо наличие взрывоопасного вещества или формирование пожаровзрывоопасной среды (далее – ПВС) при технологических операциях. Приходится признать, что примеси легких углеводородных фракций (далее – ЛУФ) всегда присутствуют в определенных концентрациях в составе паровоздушных смесей над зеркалом нефтепродукта в технологических емкостях, магистралях и регулировочной аппаратуре.

Состав ЛУФ может быть разным и зависит от вида используемого нефтепродукта. При перегрузке и хранении бензина ЛУФ состоят в основном из пропана, бутана, пентана, гексана и их изомеров. При перегрузке нефти кроме указанных компонентов в состав ЛУФ входят метан, этан, бензол и другие примеси.

Количество (концентрация) ЛУФ в ПВС зависит от состава компонентов и температуры окружающей среды и продукта. Степень летучести компонентов и пожароопасность для каждого вида нефтепродукта определяется температурой вспышки в закрытом тигле и величиной давления насыщенных паров по Рейду. Доля каждого компонента в ПВС подчиняется закону Дальтона, по которому сумма парциальных давлений компонентов равна общему давлению в системе. При наполнении цистерн давление равно атмосферному.

Методы снижения взрывопожароопасности сливо-наливных операций

Обеспечение безопасности на объектах перевалки нефтепродуктов достигается совокупностью мероприятий как технологического характера, так и проведением организационно-технических мероприятий.

Вместе с тем анализ выявленных нарушений показывает, что типовыми причинами принудительных приостановок эксплуатации транспортных средств, перевозящих опасные грузы (нефтепродукты), являются:

около 85 % – нарушения технического (в том числе организационно-технического) характера (непрохождение гостехосмотра, несвоевременное проведение периодических и промежуточных проверок цистерн, эксплуатация автоцистерн после истечения установленного (разрешенного) по результатам технического диагностирования срока эксплуатации, неисправности специального оборудования и элементов крепления цистерн, неисправности электрооборудования и средств защиты от статического электричества, неисправности элементов шасси транспортных средств);

около 10 % – нарушения, связанные с документацией (отсутствие эксплуатационной документации, отсутствие (истечение срока действия) маршрутов перевозки опасных грузов, отсутствие (истечение срока действия) свидетельств о допуске транспортных средств к перевозке опасных грузов);

около 5 % – нарушения, связанные с отсутствием подготовленных в установленном порядке (прошедших обучение и проверку знаний) специалистов и персонала, занятого перевозкой опасных грузов.

Анализ существующих теорий возникновения электростатических зарядов при наливе автоцистерн, а также исследований в области образования взрывоопасных паровоздушных смесей показал, что контролировать этот процесс и влиять на его развитие на практике очень сложно. Однако для обеспечения взрывопожаробезопасности налива нефтепродуктов рекомендуется придерживаться следующих обязательных условий:

налив открытой струей должен быть исключен (наливная труба должна находиться в контакте с дном цистерны);

скорость налива в начальный момент должна быть не более 1-1,2 м/с (время налива на данной скорости должно быть достаточно, чтобы зеркало продукта скрыло полностью выходные окна наливного наконечника);

наличие в котле цистерны каких-либо выступающих конструкций, балок или прутьев, расположенных параллельно или с наклоном к зеркалу продукта, недопустимо;

обязательно внешнее заземление автоцистерны с помощью устройства, контролирующего величину сопротивления переходного контакта клещей заземления с металлической частью котла цистерны;

одежда и обувь обслуживающего персонала должна быть антистатической; автомобиль должен быть технически исправен, двигатель заглушен, работа любого электроприбора исключается, зажигание выключено, электропроводка исправна;

инструменты, применяемые при работе, должны иметь покрытие, исключающее искрообразование при контакте или соударении с металлическими или заземленными частями установки и автоцистерны.

Соблюдение вышеуказанных мероприятий позволяет существенно снизить вероятность возникновения искрового разряда и, как следствие, риска возникновения чрезвычайных ситуаций при проведении сливо-наливных операций.

Заключение

В данной работе проведен анализ производства нефтепродуктов в Республике Беларусь, установлена положительная динамика глубины переработки и выхода светлых нефтепродуктов, что приводит к увеличению объемов их транспортировки, включая перевозку автомобильным транспортом.

Установлено, что слив-налив нефтепродуктов является самой опасной технологической операцией ввиду наличия в объеме автоцистерны взрывоопасных газопаровоздушных смесей и присутствия детонатора. Вместе с тем до конца не изучено изменение состава паровоздушной смеси в процессе наполнения автоцистерны, а также механизм возникновения электростатического заряда как на стенках котла цистерны (с учетом отложений нефтепродукта), так и над зеркалом жидкого топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетический баланс Республики Беларусь – 2020 / Статистический сборник // Национальный статистический комитет Республики Беларусь (Белстат). – Минск: 2020. – 151 с.
2. Кобылкин, Н.И. Анализ и экспериментальное исследование причин взрывов цистерн и резервуаров при перегрузке нефтепродуктами / Н.И. Кобылкин, Б.Е. Гельфанд // Проблемы управления рисками в техносфере. – Из-во СПб. ун-та гос. противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2009. – С. 33–38.
3. Европейское Соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ).
4. О перевозке опасных грузов [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 6 июня 2001 г. № 32-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 12 июля 2013 г. № 62-З // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2022.
5. Тютяев, А.В. Исследования причин воспламенения газовой смеси нефтепродуктов при заполнении резервуаров дизельным топливом / А.В. Тютяев, А.С. Должиков, И.С. Зверева // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6-4. – С. 873–876.

REFERENCES

1. Energeticheskiy balans Respubliki Belarus' – 2020 / Statisticheskij sbornik // Nacional'nyj statisticheskij komitet Respubliki Belarus' (Bel-stat). – Minsk: 2020. – 151 s.
2. Kobylykin, N. I. Analiz i eksperimental'noe issledovanie prichin vzryvov cistern i rezervuarov pri peregruzke nefteproduktami / N. I. Ko-bylykin, B. E. Gel'fand // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. – Iz-vo SPb. un-ta gos. protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii im. Geroya Rossijskoj Federacii generala armii E.N. Zinicheva, 2009. – S. 33–38.
3. Evropejskoe Soglashenie o mezhdunarodnoj dorozhnoj перевозке опасных грузов (DOPOG).

4. О перевозке опасных грузов [Elektronnyj resurs]: Zakon Resp. Belarus' ot 6 iyunya 2001 g. № 32-Z: v red. Zakona Resp. Belarus' ot 12 iyulya 2013 g. № 62-Z // Konsul'tantPlyus. Belarus' / ООО «YUrSpektr», Nac. centr pravovoj inform. Resp. Belarus'. – Minsk, 2022.

5. Tyutyayev, A.V. Issledovaniya prichin vosplamneniya gazovozdushnoj smesi nefteproduktov pri zapolnenii rezervuarov dizel'nyim toplivom / A.V. Tyutyayev, A.S. Dolzhikov, I.S. Zvereva // Fundamental'nye issledovaniya. – 2013. – № 6-4. – S. 873–876.

