# Взрывопожароопасность сливоналивных операций при транспортировке автомобильного топлива

В связи с ежегодным ростом объема потребления нефтепродуктов во всех странах мира вопрос о безопасности транспортировки и перевалки нефти и нефтепродуктов становится все более актуальным. Это обусловливает необходимость решения основных проблем, возникающих при проведении сливоналивных операций — обеспечение пожарной безопасности объектов и повышение уровня безопасности обслуживающего персонала. Кроме того, потери от испарений нефтепродуктов при эксплуатации парка автоцистерн оказывают существенное влияние на расходные статьи в бюджетах нефтеперерабатывающих компаний, а также на экологическую обстановку в близлежащих регионах.

С момента производства до непосредственного использования нефтепродукты подвергаются более чем 20 стадиям «перевалки». Основным видом потерь, безусловно, являются потери от испарения, на долю которых по данным исследований приходится примерно 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.

Республика Беларусь активно вовлечена в мировой рынок нефтепродуктов. Объем нефтепереработки в Беларуси в 2020 г. составил 313 тыс. баррелей в сутки, 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 гг. в Беларуси нефтеперерабатывающие мощности были увеличены на 60 тысяч баррелей в сутки.

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

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

Рис. 1. — Динамика потребления бензина автомобильного в Республике Беларусь (млн т)

Рис. 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 и железнодорожным транспортом. Два этих фактора привели к тому, что через нашу страну пролегает множество 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 приходится на автомобильный транспорт.

Как показывает практика, аварийные ситуации в основном происходят у отправителя грузов при осуществлении операций по наполнению автоцистерн, перевозке в автоцистернах и 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 г. (ДОПОГ), к которому Республика Беларусь присоединилась постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 ноября 1992 г. № 721. Национальное законодательство гармонизировано с международными нормами. В нашей стране принят Закон Республики Беларусь от 6 июня 2001 г. № 32-З «О перевозке опасных грузов», а также ряд подзаконных актов, регламентирующих взаимоотношения в области перевозки опасных грузов (Правила, инструкции и т.д.).

## Этапы перевозки нефтепродуктов

Перевозка нефтепродуктов состоит из нескольких этапов. Как правило, это поставка сырой нефти железнодорожным транспортом на нефтеперерабатывающие заводы, загрузка нефтепродукта в железнодорожные цистерны на нефтеперерабатывающем заводе; перевозка опасного груза железнодорожным транспортом; слив опасного груза в резервуары на нефтебазе; загрузка опасного груза в автоцистерны; доставка на АЗС.

Таким образом, с момента добычи до непосредственного использования нефтепродукты подвергаются большому количеству перевалок (перегрузок). Слив-налив нефтепродуктов — основная операция технологического цикла транспортировки различных видов моторных видов топлива, которая производится с помощью специальных установок, стояков налива, насосов. Все эти устройства обеспечивают пожаровзрывобезопасность и наименьшее загрязнение окружающей среды, однако не исключают потери транспортируемого продукта.

В Беларуси применяют два способа налива — верхний и нижний. При верхнем наливе в начале наполнения топливо может подаваться в емкость свободно падающей струей. Это приводит к образованию статического заряда на поверхности жидкости. При нижнем наливе также возможно образование статического заряда за счет трения слоев жидкости о стенки емкости.

Отечественный и зарубежный опыт по проведению сливоналивных 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 значительные человеческие жертвы.

## Анализ причин взрывов автоцистерн

Опыт эксплуатации автоцистерн при перевозке нефтепродуктов свидетельствует, что до 80 % аварий происходит во время проведения сливоналивных операций. Главные причины аварий: 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 (неомедненного) инструмента при монтаже (демонтаже) оборудования; проведение сливоналивных 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:

— 6 февраля 2015 г. в г. Белоярский произошел взрыв паров нефтепродуктов при наполнении

автоцистерны дизельным топливом. Автомобиль не был заглушен;

— 22 апреля 2015 г. в пос. 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 мая 2016 г. во время выполнения работ по наполнению автоцистерны дизельным топливом на территории комплексной автозаправочной станции произошло возгорание паров нефтепродуктов. В результате водитель получил тяжкие телесные повреждения. Возгорание могло произойти от разряда статического электричества, возникшего в автоцистерне при наполнении ее дизельным топливом (ранее в автоцистерне перевозился бензин);

— 24 ноября 2016 г. на складе хранения нефтепродуктов в Тракторозаводском районе Волгограда произошел взрыв паровоздушной смеси при наливе в автоцистерну дизельного топлива бензовоза. В результате ЧП пострадавший работник нефтяной компании «Роснефть» получил ожог 30 % тела.

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 (рис. 3):

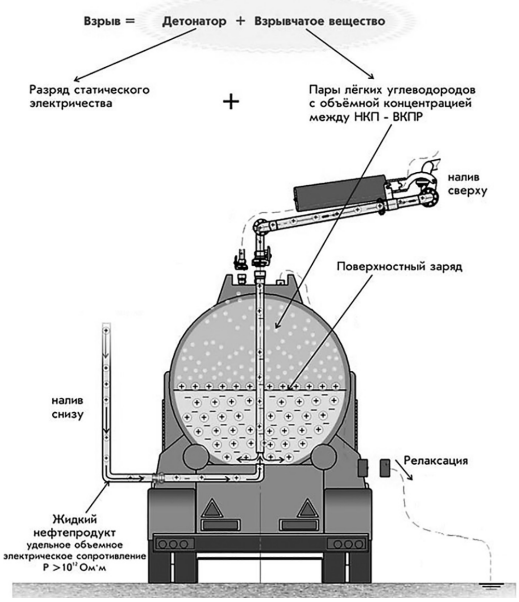


Рис. 3. — Условия образования взрывоопасных паровоздушных смесей при разных способах налива нефтепродуктов

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

— присутствие детонатора.

Основным источником зажигания в этом случае чаще всего является статическое электричество.

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

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 ≈ 100 %) способа устранения электростатических зарядов из нефтепродуктов при их наливе, сливе и хранении пока не найдено.

В связи с этим приходится обращать внимание на другие факторы возникновения взрывов, а именно: кроме источника электростатических разрядов для возникновения взрывного процесса необходимо наличие взрывоопасного вещества или формирование пожаро-взрывоопасной 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 определяются 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 сливоналивных операций

Обеспечение безопасности на объектах перевалки нефтепродуктов достигается совокупностью мероприятий технологического характера 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, 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) свидетельств о допуске транспортных средств к перевозке опасных грузов);

— около 5 % — нарушения, связанные с отсутствием подготовленных в установленном порядке (прошедших подготовку и сдавших экзамен) 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:

— запрещается наполнение цистерн, контейнеров и резервуаров легковоспламеняющимися жидкостями свободно падающей струей (длина наливного рукава с наконечником или трубы должна обеспечивать опускание в цистерну на расстояние не более 200 мм от корпуса цистерны в нижней части);

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

— наличие на корпусе цистерны 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 струбцины заземления с металлической частью корпуса 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 сливоналивных операций.

*Олег ШАВЕРДО,*

*заместитель начальника управления надзора за безопасностью при перевозке опасных грузов Госпромнадзора;*

*Виктор БИРЮК,*

*к.т.н., доцент, заведующий кафедрой промышленной безопасности Университета гражданской защиты МЧС Беларуси*