

Безопасность перевозок грузов в цистернах

С тех пор как в 1865 г. был построен первый вагон-цистерна, железные дороги, вагоностроительные компании, собственники подвижного состава и грузовладельцы постоянно улучшают конструкцию цистерн и материалы, используемые при их постройке, для обеспечения безопасности перевозок грузов. Эти усилия направлены на сведение к минимуму числа аварийных ситуаций с цистернами и тяжести их последствий.

По сведениям Ассоциации американских железных дорог (AAR), практически 100 % грузов, перевозимых в цистернах, прибывают к месту назначения без каких-либо инцидентов. В 2003 г., согласно последним (на середину 2005 г.) имевшимся в распоряжении AAR данным, на железных дорогах Северной Америки было зарегистрировано более 1,26 млн. отправок опасных грузов в цистернах, причем средняя дальность перевозок наиболее часто встречающихся химических и нефтяных грузов составила 1360 км. Тем не менее даже те редкие инциденты, в которых были замешаны цистерны с опасными грузами, такие, например, как обусловленные «человеческим фактором» столкновения поездов в Макдоне (штат Техас) и Грантивилле (штат Южная Каролина, рис. 1), повлекшие человеческие жертвы и загрязнение окружающей среды (в обоих случаях имели место выделение паров хлора и разлив серной кислоты), привлекли вни-



Рис. 1. Общий вид места происшествия в Грантивилле

мание общественности и вынудили активизировать принятие соответствующих мер.

Обеспечение безопасности перевозок в цистернах всегда было основной целью железнодорожной отрасли. В соответствии с принятой программой исследований и испытаний средств обеспечения безопасности цистерн железные дороги осуществляют активную деятельность в этой сфере совместно с AAR и Федеральной администрацией железных дорог (FRA).

В качестве основной меры по предотвращению инцидентов является обеспечение надежности технических средств. По заявлению одного из руководителей железнодорожной компании Burlington Northern Santa Fe (BNSF, рис. 2), много времени затрачивается на аналитическую работу по нахождению путей дальнейшего улучшения ситуации. Разрабатываются новые методы идентификации дефектов рельсов, которые могут привести к их излому, достигнуты значимые успехи в обнаружении дефектных буксовых подшипников с помощью детекторов. Компания реализует первый этап испытаний эффективной системы управления движением поездов (PТС), которая, как полагают, будет способствовать устранению самих причин возникновения аварийных ситуаций. BNSF вместе с другими компаниями-операторами исследует практику технической эксплуатации цистерн и предлагает различные вариан-

ты улучшения, в том числе применительно к отдаленным местам сети, где затруднен постоянный контроль за продвижением и состоянием цистерн.

Отмечено, что с 1970-х годов удельный показатель аварийности на железных дорогах снизился приблизительно на 80 %. Новые технические решения и повышение квалификации персонала дают возможность предотвращать случаи схода подвижного состава с рельсов. Но даже при выполнении всех превентивных мероприятий вероятность аварий полностью устранить нельзя, и поэтому железные дороги должны работать с грузовладельцами, компаниями химической и нефтехимической промышленности и предприятиями — изготовителями цистерн для снижения рисков возникновения аварийных ситуаций, в частности, при перевозке опасных грузов.

По указанным причинам в 1970 г. был принят к реализации совместный проект Института железнодорожных поставщиков (Railway Supply Institute, RSI) и AAR (так называемый проект RSI-AAR) по исследованиям и испытаниям средств, обеспечивающих безопасность цистерн. Были собраны данные по инцидентам с цистернами и проанализированы более 40 тыс. случаев повреждений цистерн с точки зрения их конструкции, технологии изготовления и применяемых материалов.

Специалисты университета штата Иллинойс, участвовавшие в данном проекте и изучавшие вопросы оптимизации конструкции цистерн для обеспечения их безопасной эксплуатации, рисков, возникающих при перевозке опасных грузов, и другие сопутствующие технические проблемы, пришли к выводу, что наличие обширной базы данных помогает понять причины возникновения аварийных ситуаций с цистернами. Анализ этих данных привел к разработке и принятию министерством транспорта США, транспортным управлением Канады и Комитетом по желез-

нодорожным цистернам (Tank Car Committee), входящим в состав AAR, новых норм и стандартов.

Так, серия аварий, имевших место в 1960-х и 1970-х годах, в которых участвовали цистерны большой грузоподъемности, перевозившие сжиженный нефтяной газ под высоким давлением, привела к принятию решения о модернизации эксплуатируемых и созданию новых цистерн для перевозки подобных грузов с оснащением их специальными автосцепками, торцовыми предохранительными щитками-экранами и защитой от внешнего нагрева. Затем были внедрены эффективные устройства для защиты нижней части цистерн и сливных приборов, сталь с улучшенными характеристиками при низких температурах, усиленные конструкции обечаек и днищ цистерн, а также системы подавления пульсации давления сжиженного газа, перевозимого в цистернах с предохранительными клапанами.

Один из координаторов проекта указал, что в настоящее время проводятся исследования, направленные на поиск возможности количественной оценки характеристик термозащитного слоя между наружной обшивкой и внутренними стенками котла цистерны. Кроме того, измеряются усилия, воздействующие на укороченные хребтовые балки цистерн при движении поездов, в целях снижения до минимума их повреждаемости и оптимизации требований к техническому обслуживанию и ремонту.

Также в отрасли изучался широкий круг связанных с организацией перевозок в цистернах опасных жидкостей и газов вопросов, таких, как регламентация скорости движения поездов, сформированных из цистерн, совершенствование системы содержания и ремонта пути, оптимизация размещения напольных детекторов неисправностей, диагностирование хребтовых балок цистерн и использование более жестких мембран в предохранительных клапанах.



Рис. 2. Нефтеналивной поезд железной дороги BNSF

Поиск решений

Одним из основных направлений исследований является выбор материалов для изготовления цистерн. Так, подразделение исследований и испытаний железнодорожной компании BNSF в поддержку усилий промышленности осуществляет механические и эксплуатационные испытания, а также в течение ряда лет работает над улучшением химического состава конструкционной стали. В настоящее время ведется поиск стали с повышенной сопротивляемостью ударным нагрузкам для цистерн, перевозящих газ под высоким давлением. При этом, в частности, изучались марки стали, используемые при изготовлении труб для магистральных трубопроводов, но выяснилось, что они не удовлетворяют концептуальным требованиям, действующим в отношении изготовления цистерн, особенно их днищ. Рассматриваются также другие марки стали, которые при сравнении с используемыми в настоящее время показывают более высокую сопротивляемость стенок котлов цистерн пробой при воздействии ударной нагрузки.

AAR недавно установила более строгую процедуру испытаний на ударную нагрузку с целью провер-

ки сохранения пластичности стали во всем диапазоне температур, при которых эксплуатируются цистерны. Введены также некоторые изменения в технические требования к стали, отражающие современное состояние сталеплавильного производства.

В конце 1980-х годов Комитет по железнодорожным цистернам при AAR принял решение об использовании стали мелкозернистой структуры для изготовления цистерн всех типов, а также об обязательной дополнительной нормализации стали, применяемой при изготовлении цистерн для перевозки газа под высоким давлением, в целях улучшения ее прочностных характеристик при низких температурах. Контролируемое микролегирование стального проката и дальнейшее улучшение химического состава стали будут, по всей вероятности, следующим этапом совершенствования конструкций цистерн.

Требования по нормализации естественным образом соответствуют общей тенденции повышения качества используемой стали и не относятся к эксплуатируемому парку цистерн старой (до введения стандарта 1989 г.) постройки. Так было заявлено в докладе Комитета по железнодорожным цистернам, представленном Национальному

управлению по безопасности перевозок (National Transportation Safety Board, NTSB) после расследования инцидента, происшедшего в 2002 г. вблизи Майнота (штат Северная Дакота) на линии железной дороги Canadian Pacific из-за излома рельса. NTSB понадобилась информация о стали, использованной при изготовлении предназначенных для перевозки газов под высоким давлением цистерн, из которых при крушении был выброшен в атмосферу токсичный безводный аммиак, что явилось причиной смерти одного и отравления 11 человек. Исследование показало, что использование нормализованной стали лишь в незначительной степени может уменьшить ущерб от утечки перевозимого материала, так как большинство цистерн, на которых были зафиксированы хрупкие изломы, получили вязкие повреждения в результате ударного воздействия, что не зависит от того, была сталь нормализована или нет. Один из руководителей AAR, ведающий вопросами перевозки опасных грузов и охраны окружающей среды, выразил мнение, что выполнение требования о нормализации стали для изготовления цистерн в потенциале может предотвратить одну утечку опасного материала при одном инциденте в течение 14 лет.

Среди окончательных рекомендаций NTSB можно назвать необходимость изучения силовых и энергетических явлений при сходе вагонов с рельсов. По мнению специалистов, привлеченных к проекту RSI-AAR, еще нет информации о том, в какой мере использование более прочных цистерн может снизить число аварийных ситуаций, так как неизвестно, насколько часто возникающие нагрузки при инцидентах достигают определенного критического уровня. Без знания этого нельзя точно оценить эффективность изменения прочности цистерн. С другой стороны, если есть полные сведения об обстоятельствах, при которых случаются инциденты, специалисты отрас-

ли могут применить свои знания для более точной количественной оценки эффекта от конструктивного совершенствования цистерн.

FRA в настоящее время исследует эти силовые факторы в рамках нового Национального плана мероприятий по обеспечению безопасности на железных дорогах (National Rail Safety Action Plan). Один из руководителей службы безопасности FRA отметил, что администрация изучает возможности проведения исследований, касающихся структурной целостности цистерн, а также силовых явлений в составе поездов при сходах подвижного состава с рельсов с учетом того, что поезда стали формироваться из большего числа вагонов, имеют большую массу и движутся с более высокой скоростью, — все это в целях определения или адекватности существующих конструкций цистерн действующим требованиям, или необходимости изменения их конструкции.

На первом этапе реализации указанного плана предусмотрено разработать физическую модель для анализа кинематики вагонов при сходе с рельсов, на втором этапе — разработать другую модель для динамического анализа и, наконец, на третьем — оценить повреждения, вызываемые пробоями котлов цистерн, что связано с проведением соответствующих испытаний и анализа механики таких повреждений. Как сообщила FRA, к работе над моделями привлечен Национальный центр транспортных систем (так называемый Volpe Center). Эти работы при поступлении необходимого финансирования могут быть закончены в декабре 2006 г., но в любом случае не позднее июля 2008 г.

Парк вагонов-цистерн

В вагонном парке железных дорог Северной Америки насчитывается 280 тыс. цистерн, из них примерно 60 % используются для перевозки опасных грузов. Большинство из них имеют емкость от 49,2 до

147,6 м³ при массе брутто до 118 т, но многие пользователи рассматривают возможность применения цистерн, построенных в расчете на массу брутто до 129 т.

Руководство железной дороги BNSF в целом одобрительно относится к этой тенденции, тем более что компания уже имеет большое число грузовых вагонов других типов массой брутто 129 т и удовлетворена их работой. Это как раз тот случай, когда оператор в больших цистернах может перевозить больше платного груза, чем в том же числе цистерн меньшей грузоподъемности, и при этом рассчитывать на существенное повышение сопротивляемости котлов цистерн пробою за счет улучшения их характеристик. При вводе в эксплуатацию каждой новой цистерны старые вагоны можно исключать из эксплуатации или переводить на перевозку других (не относящихся к категории опасных) грузов. Однако все это зависит от ценовых факторов и одобрения со стороны министерства транспорта США. В настоящее время необходимо получить особое разрешение на каждый случай перевозки опасного груза в вагоне массой брутто более 118 т, но можно предвидеть, что при значительном повышении уровня безопасности министерство позволит перевозить опасные грузы в таких вагонах, в том числе в цистернах.

Каждое приращение массы тары вагона с целью повышения безопасности приводит к снижению его грузоподъемности. Поэтому ранее были разногласия между грузоотправителями и железными дорогами. С точки зрения грузоотправителя, использование более прочных вагонов обходится дороже. Но переход на вагоны массой брутто 129 т позволяет обеспечить безопасность без ущерба для грузоотправителя, который при этом также находится в выигрыше, поскольку может отправить больше грузов в меньшем числе вагонов. В то же время, если цистерна повышенной грузоподъемности при аварии

повреждается, может иметь место утечка большего количества жидкого груза.

В 2003 г. AAR ввела стандарт на цистерны массой брутто 129 т для перевозки опасных грузов. Стандарт требует при изготовлении днищ котлов таких цистерн использовать листы толщиной 12,7 мм из стали марки TC-128, обеспечивающие большую прочность, чем листы толщиной 11,1 мм из стали марки A-516, а также специально защищать верхние наливные приборы. Это, правда, связано с некоторым увеличением массы тары.

Компания Trinity Industries недавно выпустила прототип цистерны массой брутто 129 т для перевозки хлора; по сравнению с эксплуатируемыми цистернами аналогичного назначения она имеет ряд нововведений, обеспечивающих повышенную безопасность перевозки этого продукта. Компания готовила для представления в министерство транспорта документацию на предмет получения разрешения на эксплуатацию таких цистерн, а также изучала вопрос готовности грузоотправителей к их использованию.

Меры по обеспечению безопасности

Вагоностроительные компании — изготовители цистерн принимают разнообразные меры для повышения безопасности, среди которых можно отметить следующие:

- оснащение цистерн большим числом устройств обеспечения безопасности, чем предписано федеральными нормативами. Это явление получает все большее распространение даже несмотря на то, что приводит к увеличению массы тары цистерн. Так как министерство транспорта относится к этому с одобрением, вероятно, что со временем это станет общей практикой;
- повышение качества продукции и совершенствование методов контроля. Так как эти аспекты являются

критическими, компания Union Tank Car, например, в настоящее время осуществляет сегментирование своей производственной деятельности таким образом, что цистерны одного и того же типа будут изготавливаться на одном заводе (рис. 3). Это позволит устранить необходимость переобучения персонала при переходе на производство цистерн другого типа и облегчит реализацию непрерывного процесса улучшения их характеристик;

- разработка и внедрение технологий, относящихся к категории «хай-тек». Изучается, например, вопрос применения специальных материалов для покрытия обшивки цистерны, обеспечивающих герметизацию места пробоя котла.

В конечном итоге оптимизация конструкции цистерн с точки зрения обеспечения безопасности эксплуатации требует соблюдения баланса между конструкцией их отдельных элементов (защитных торцовых щитков-экранов, утолщенных стенок котлов и т. д.), стоимостью, эффективностью мер по повышению уровня безопасности и характеристиками перевозимых в цистернах опасных грузов.

На рассмотрении федеральных и штатных правительственных органов находится ряд законопроектов, относящихся к цистернам. Так, в конгресс США представлен законопроект о повышении качества сварки рельсов и котлов цистерн. Его прохождение обусловлено представлением со стороны FRA в течение года прогностической модели для количественной оценки

динамических нагрузок, воздействующих на цистерны в аварийных ситуациях, и разработкой в течение 18 мес руководящих материалов по подготовке и внедрению конструктивных стандартов на цистерны, в которых перевозятся грузы под высоким давлением. Кроме того, от FRA требуется проведение тщательного аналитического изучения сопротивляемости стальных котлов таких цистерн, изготовленных до 1989 г., ударным нагрузкам с последующим принятием программы по ранжированию этих цистерн в соответствии с рисками их катастрофических повреждений, внедрением мер по ограничению или полному устранению этих рисков и, наконец, передачей отчета об эффективности данных мер в конгресс для принятия последним того или иного решения в течение 6 мес.

Представители AAR полагают, что независимо от того, будет ли утвержден конгрессом указанный законопроект или нет, рекомендации NTSB останутся в силе и Комитет по железнодорожным цистернам совместно с FRA будет придерживаться их основных положений.

Власти штата Калифорния также намерены ввести свой закон, согласно которому предлагается запретить ввоз на территорию штата «сверхопасных» грузов под высоким давлением в цистернах, изготовленных до 1989 г. Это является следствием использования рекомендаций NTSB по дальнейшему изучению характеристик нормализованной стали. Ожидается определенное снижение числа аварийных ситуа-



Рис. 3. Цистерна компании Union Tank Car для перевозки хлора

ций за счет применения такой стали в конструкциях цистерн. Вместе с тем остается спорной экономическая целесообразность вложения огромных, измеряющихся сотнями миллионов долларов сумм в мероприятия по полному исключению возможности таких инцидентов, вероятность которых чрезвычайно мала (в середине 2005 г. на железных дорогах Северной Америки эксплуатировалось 28 116 цистерн выпуска до 1989 г. для перевозки грузов под высоким давлением, небольшая часть которых изготовлена из нормализованной стали).

По мнению железных дорог, сейчас не время для односторонних действий. Все поддерживают меры по обеспечению безопасности, но реальное их осуществление требует участия всех причастных сторон, а именно железных дорог, владельцев подвижного состава, компа-

ний химической, нефтехимической промышленности и изготовителей цистерн, FRA, AAR, федеральных, штатных и региональных властных органов.

При реализации намеченных мер необходимо стремиться перевести их на федеральный уровень. Разрешение штатам принимать собственные и во многом отличные правовые нормы может в конечном счете привести к запрету перевозок опасных грузов или переключению их на другие виды транспорта, что, в свою очередь, может быть как положительным, так и отрицательным моментом. Статистические данные AAR показывают, что при перевозке опасных грузов, например, автомобильным транспортом общий объем их утечки в 16 раз больше, чем при перевозке по железной дороге. С 1981 по 2004 г. при перевозке опасных грузов по железной до-

роге было зарегистрировано только 10 случаев гибели людей в аварийных ситуациях против 278 случаев при перевозке таких грузов автомобильным транспортом.

Пока новых правовых норм FRA еще нет, в действующие документы могут быть включены существующие рекомендации, относящиеся, например, к использованию цистерн массой брутто 129 т для перевозки опасных грузов.

Требования, предъявляемые к перевозке опасных грузов, подлежат серьезному пересмотру. Грузоотправители и грузополучатели должны совместно проанализировать существующую ситуацию и решить вопрос о реальной потребности в перевозке наиболее опасных материалов. При этом следует помнить тот катастрофический по своим последствиям инцидент в Бхопале (Индия), когда произошла массовая утечка газообразного изоцианата метила с химического завода компании Union Carbide, приведшая к гибели большого числа людей в окрестностях завода. В США после этого было принято решение о производстве этого химического продукта в месте возникновения потребности в нем, т. е. без его опасной транспортировки. Нечто подобное сделано также в отношении производства и перевозки хлора и хлорсодержащих продуктов, и можно ожидать распространения такой практики на другие опасные грузы.

При проектировании новых цистерн необходимо принимать оптимальные решения для изготовителей и грузоперевозчиков. Изготовителям следует искать новые материалы и конструктивные решения, железным дорогам — постоянно улучшать состояние инфраструктуры, и, наконец, грузоотправители должны тщательнее изучать характеристики предъявляемых к перевозке опасных материалов и схемы перевозки, а все вместе — обучать персонал действиям в аварийных ситуациях.



**Больше, чем просто
необходимость...**

**комплекс систем обеспечения
безопасности для железных дорог**

WWW.NPCPROM.RU

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
**ПРОМ
ЭЛЕКТРОНИКА**

тел.: (343) 358-55-00, 378-85-36