



---

## Европейская экономическая комиссия

Комитет по внутреннему транспорту

Рабочая группа по перевозкам опасных грузов

Совместное совещание Комиссии экспертов МПОГ

и Рабочей группы по перевозкам опасных грузов

Женева, 19–29 сентября 2017 года

Пункт 7 предварительной повестки дня

Доклады неофициальных рабочих групп

### **Работа неофициальной рабочей группы по уменьшению опасности BLEVE – моделирование поведения цистерн под воздействием огня**

**Передано правительством Франции\* \*\***

#### *Резюме*

**Существо предложения:** Информировать Совместное совещание о ходе работы над расчетами, проводимыми ИНЕРИС для оценки эффективности систем защиты цистерн и их поведения под воздействием огня.

**Предлагаемое решение:** Доклад Совместного совещания Комиссии экспертов МПОГ и Рабочей группы по перевозкам опасных грузов о работе его весенней сессии 2017 года, документ ECE/TRANS/WP.15/AC.1/146, пункты 43–47.

---

\* В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2016–2017 годы (ECE/TRANS/2016/28/Add.1 (9.2)).

\*\* Распространено Межправительственной организацией по международным железнодорожным перевозкам (ОТИФ) под условным обозначением OTIF/RID/RC/2017/42.



## Введение

1. По просьбе правительства Франции ИНЕРИС в ходе последней сессии Совместного совещания представил инструмент моделирования для оценки поведения цистерны с газом или легковоспламеняющейся жидкостью под воздействием огня.
2. После этого выступления делегация Франции предложила другим делегациям сообщить ей о случаях для изучения, которые они хотели бы включить в исследование. Речь идет об экспериментальных данных либо данных по итогам послеаварийного анализа, которые могли бы способствовать совершенствованию модели, разработанной ИНЕРИС, или же о запросах на проведение конкретных расчетов в качестве информации для размышления в контексте работы над уменьшением опасности BLEVE.
3. Франция хотела бы поблагодарить те делегации, которые передали первые данные, что позволило приступить к проведению новых расчетов.
4. Вместе с тем, ввиду задержки в направлении таких данных, не представлялось возможным завершить программу всеобъемлющего моделирования в сроки до подготовки официального документа для передачи на рассмотрение Совместного совещания.
5. В настоящем документе отражены некоторые уже достигнутые результаты, а также сообщается о расширении программы расчетов.
6. Вместе с тем делегации, которые желают передать имеющиеся у них данные для включения в программу расчетов, могут по-прежнему это сделать.

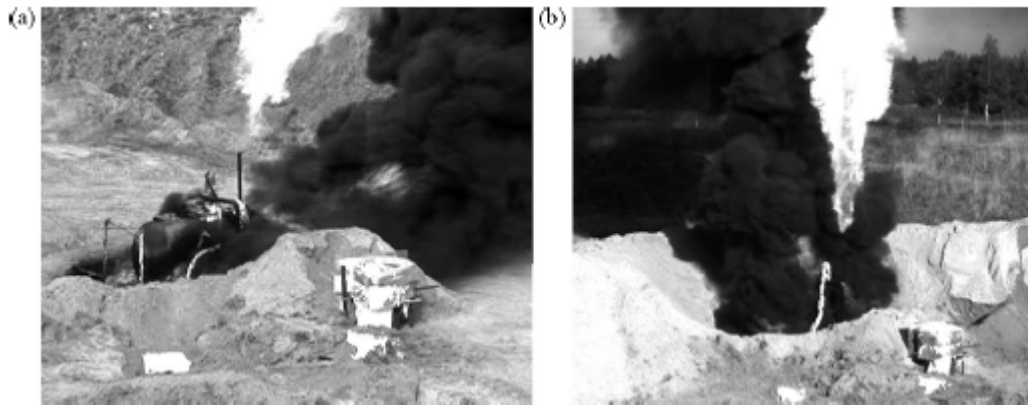
## Данные, переданные различными делегациями

7. Были получены данные от Нидерландов и ЕАСНГ.
8. Делегация Нидерландов передала нижеследующие данные о результатах четырех испытаний.

**Таблица 1: Испытательные конфигурации, переданные ИНЕРИС делегацией Нидерландов**

	Испытание на огнестойкость		Испытание с 3 м <sup>3</sup> СНГ	
<b>Размеры цистерны</b>	Длина: 2,6 м Диаметр: 1,25 м Толщина стенок: 5,1 мм		Длина: 2,68 м Диаметр: 1,25 м Толщина стенок: 5,1 мм	
<b>Степень наполнения</b>	80% СНГ	50% СНГ	80%	50%
<b>Наличие клапана</b>	Да	Да	Да	Да
<b>Наличие теплоизоляционного покрытия</b>	Да	Да	Да	Да
<b>Результаты испытания</b>	Многократное открытие клапана Отсутствие взрыва на протяжении 98 минут испытания	Многократное открытие клапана Отсутствие взрыва на протяжении 112 минут испытания	Многократное открытие клапана Отсутствие взрыва на протяжении 98 минут испытания	Многократное открытие клапана Отсутствие взрыва на протяжении 112 минут испытания

**Рис. 1: Испытание с использованием 3 м<sup>3</sup> СНГ на основе данных, переданных делегацией Нидерландов**



Эти результаты подтверждают результаты других испытаний, в частности тех, которые проводились ВАРМ.

9. ЕАСНГ передала данные о двух авариях, которые произошли в Соединенном Королевстве.

**Таблица 2: Данные, полученные ИНЕРИС от ЕАСНГ**

	<b>Авария № 1</b>	<b>Авария № 2</b>
<b>Размеры цистерны</b>	Длина: 5,345 м Наружный диаметр: 2,077 м Выпуклое основание толщиной: 8,3 мм	Длина: 5,36 м Наружный диаметр: 2,22 м Выпуклое основание толщиной: 8 мм
<b>Степень наполнения</b>	85% пропан	85% пропан
<b>Наличие клапана</b>	Да	Да
<b>Наличие теплоизоляционного покрытия</b>	Теплоизоляционное покрытие отсутствует	Теплоизоляционное покрытие отсутствует
<b>Последствия аварии</b>	Открытие клапана после 30 минут Отсутствие взрыва	Открытие клапана Отсутствие взрыва

**Рис. 2: Фотография, сделанная во время аварии № 2 (передана ЕАСНГ)**



## **Конфигурации для анализа в качестве информации для размышления над проблемой уменьшения опасности BLEVE**

10. Первые результаты моделирования, представленные в ходе сессии в марте 2017 года, показали, что для ряда конфигураций клапаны сами по себе не способны обеспечить защиту цистерны от огня в течение 60-минутного периода (например, для цистерны емкостью 30 м<sup>3</sup> под воздействием охватывающего пламени, ...).

Тем не менее в отдельных конкретных случаях, например в случае фронтального пламени снизу при степени наполнения более 50%, расчеты показали, что клапан может замедлить, т.е. по сути предотвратить, явление BLEVE.

11. С целью углубить свои первоначальные выводы ИНЕРИС в настоящее время изучает поведение под воздействием огня цистерн при ряде конфигураций, включающих совокупность перечисленных ниже элементов:

- цистерны различных размеров (30 м<sup>3</sup> и 60 м<sup>3</sup>);
- различные условия огневого воздействия: пламя, охватывающее цистерну; пламя только снизу; факельное пламя, воздействующее одновременно на верхнюю и нижнюю части цистерны;
- различная степень наполнения (50% и 85%);
- различные типы клапанов (срабатывающие от давления и от температуры);
- наличие или отсутствие теплоизоляционного покрытия;
- ситуация, когда теплоизоляционное покрытие покрывает не всю цистерну (покрытие утратило свою целостность).

12. К сентябрю подавляющее большинство приведенных выше конфигураций будут подвергнуты испытаниям, результаты которых войдут в расширенный доклад и будут включены в информационный документ.

13. Соответствующие расчеты должны выявить, какие системы защиты являются эффективными, а также определить степень их эффективности. Случаи, приведенные ниже, в частности, показывают, что клапан сам по себе не всегда оказывается эффективным в различных сценариях огневого воздействия, например в случае его высокой интенсивности, однако в определенных ситуациях он может предотвратить взрыв, как продемонстрировали аварии, данные о которых были переданы ЕАСНГ.

14. Данные о степени эффективности защитных систем в сочетании с различными сценариями воздействия позволят получить критерии для принятия решения Совместным совещанием.

## **Два примера результатов расчетов, проведенных ИНЕРИС**

В качестве примеров ИНЕРИС приводит два случая применения инструмента моделирования, результаты которых представлены ниже в виде наложения графика изменения прочности стали корпуса цистерны по времени (синяя кривая показывает предельное напряжение) на график фактического напряжения (красная кривая):

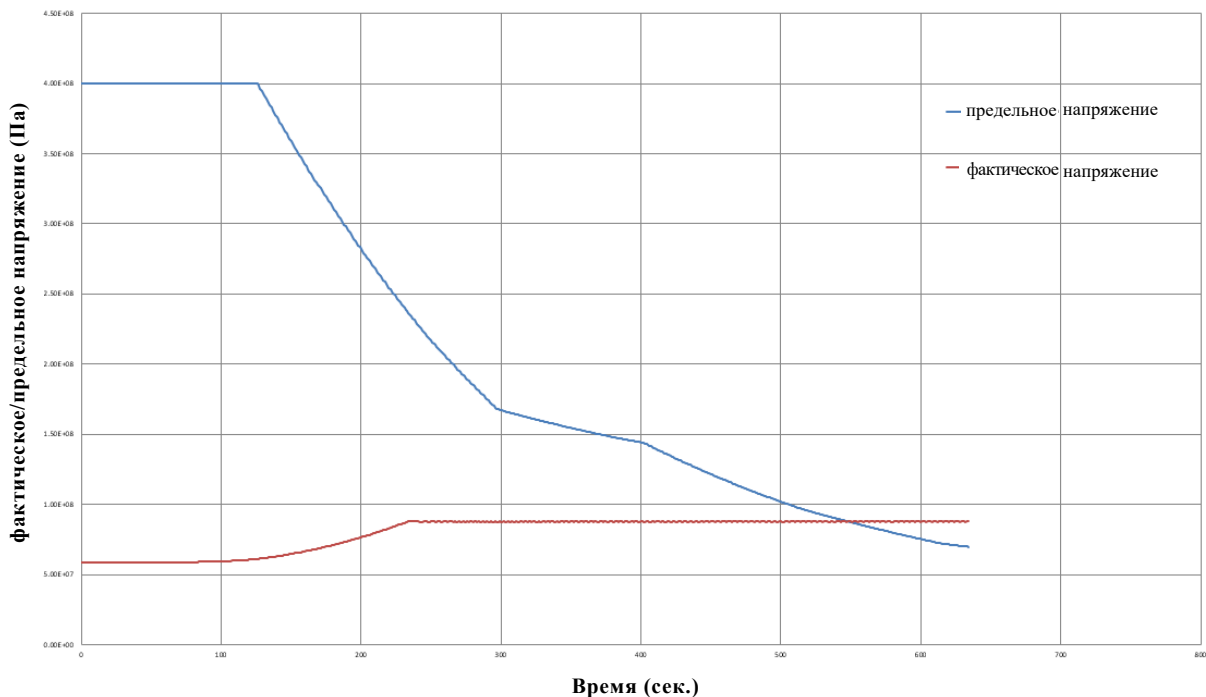
## Первый случай

В первом случае конфигурация включает цистерну емкостью 30 м<sup>3</sup>, заполненную на 50% и оснащенную защитным клапаном, который отрегулирован таким образом, чтобы срабатывать при давлении в 17 бар независимо от значения температуры стали и при давлении в 9 бар, если температура стали превышает 150 °С.

Этот условный клапан был включен в теоретическую модель в целях решения проблемы, затронутой на предыдущей сессии и связанной с тем, что в некоторых случаях происходил разрыв стенок цистерны при закрытом клапане, который не срабатывал из-за того, что был отрегулирован на слишком высокое давление.

Этот сценарий моделирования предусматривает полный охват цистерны пламенем. Полученные результаты свидетельствуют о том, что клапан позволяет стабилизировать давление, которому подвергается обшивка цистерны. Однако при этом ухудшение характеристик прочности стали ведет к разрыву обшивки. Открытие клапана не снижает степени разогрева стали.

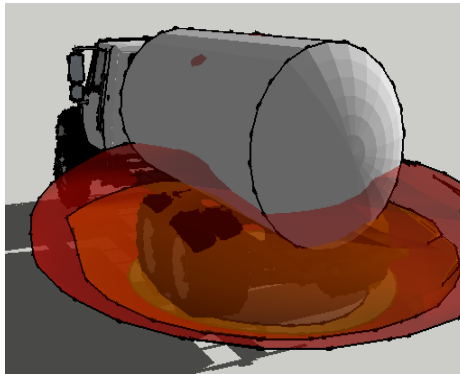
**Рис. 3: Изменение фактического напряжения при повышении давления (красная кривая) и предельного напряжения стали корпуса цистерны (синяя кривая)**



## Второй случай

Во втором случае конфигурация включает цистерну емкостью 30 м<sup>3</sup>, заполненную на 85% и оснащенную защитным клапаном, который отрегулирован таким образом, чтобы срабатывать при давлении в 17 бар независимо от значения температуры стали. В данном случае фронтальная пламя воздействует исключительно на нижнюю часть цистерны.

**Рис. 4: Иллюстрация огневого воздействия для второго анализируемого случая**



Полученные результаты показывают, что в данном случае цистерна способна выдержать воздействие пламени более 60 минут. Это объясняется одновременным воздействием следующих двух факторов: во-первых, открытие клапана позволяет ограничить повышение давления после того, как оно достигает 16 бар; во-вторых, температура внешней обшивки сильно не повышается ( $<170\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в силу того, что часть обшивки, не вступающая в контакт с газом, напрямую не подвергается воздействию пламени (при степени наполнения 85% и огнем воздействию только на нижнюю часть цистерны).

**Рис. 5: Изменение фактического напряжения при повышении давления (красная кривая) и предельного напряжения стали корпуса цистерны (синяя кривая)**

