



Кафедра пожарной безопасности  
технологических процессов и производств



# Тема № 10.2 «Определение пожарных рисков на промышленном объекте»



## Учебные вопросы:

1. Основные положения, заложенные в методику определения пожарного риска на промышленном объекте.
2. Методика определения частоты реализации пожароопасной ситуации.

**Цель занятия:** изучить расчетные методы определения пожарного риска на промышленном объекте и методику определения частоты реализации пожароопасной ситуации.



## Литература

### *Основная*

1. Хорошилов О.А., Пелех М.Т., Бушнев Г.В., Иванов А.В. Пожарная безопасность технологических процессов: Учебное пособие/ под общей редакцией В.С. Артамонова – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012. - 300 с.

### *Дополнительная*

1. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. – М.: ВНИИПО, 2010. – 125 с.

### *Нормативные правовые акты*

1. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 года №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
2. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 года № 404.Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.



# Вопрос 1. Основные положения, заложенные в методику определения пожарного риска на промышленном объекте



**Пожарный риск** – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

**Индивидуальный пожарный риск** - пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

**Социальный пожарный риск** - степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

**Допустимый пожарный риск** - пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий.



Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах утверждена приказом МЧС России от 10 июля 2009 года № 404.

Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности утверждены приказом МЧС России от 30 июня 2009 года № 382.



## Оценка пожарного риска производится:

- для обоснования обеспечения допустимых значений пожарного риска, установленных федеральным законодательством:
  - объекты, для которых федеральными законами о технических регламентах и/или нормативными документами по пожарной безопасности не установлены требования пожарной безопасности;
  - объекты, для которых не в полном объеме выполнены требования нормативных документов по пожарной безопасности;



Кафедра пожарной безопасности  
технологических процессов и производств



- для принятия решений по разработке дополнительных мер по снижению пожарной опасности объекта в случае превышения одними или несколькими расчетными значениями пожарных рисков нормативных значений, установленных федеральным законодательством;
- при разработке проектной документации на объекты капитального строительства и проведении государственной экспертизы проектной документации.





**Статья 93** Федерального закона РФ от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" содержит требования к величине допустимого пожарного риска на производственных объектах.

	Индивидуальный риск		Социальный риск
	На объекте	В жилой зоне	
Нормативный	$10^{-6}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$
Допустимый	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$



**Ст. 96** предъявляет требования к оценке пожарного риска на производственном объекте:

1. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций на производственном объекте.
2. Оценка опасных факторов пожара, взрыва для различных сценариев их развития осуществляется на основе сопоставления информации о моделировании динамики опасных факторов пожара на территории производственного объекта и прилегающей к нему территории и информации о критических для жизни и здоровья людей значениях опасных факторов анализируемых пожара, взрыва.
3. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара, взрыва на людей для различных сценариев развития пожароопасных ситуаций предусматривает определение числа людей, попавших в зону поражения опасными факторами пожара, взрыва.



**Для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций на производственном объекте используется информация:**

- 1) об отказе оборудования, используемого на производственном объекте;
- 2) о параметрах надежности используемого на производственном объекте оборудования;
- 3) об ошибочных действиях персонала производственного объекта;
- 4) о гидрометеорологической обстановке в районе размещения производственного объекта;
- 5) о географических особенностях местности в районе размещения производственного объекта.



## Анализ пожарной опасности объекта

предусматривает:

а) анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на объекте;

б) определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса;

в) определение для каждого технологического процесса перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную;

г) построение сценариев возникновения и развития пожаров, влекущих за собой гибель людей.



**При анализе пожарной опасности** технологической среды и параметров технологических процессов на объекте используются следующие сведения:

- данные о наличии и виде горючих веществ и материалов, их количестве, физико-химических свойствах и показателях пожарной опасности;
- технологические параметры оборудования (*давление, температура, уровни заполнения, материальные потоки*) и подводящих/отводящих трубопроводов (диаметры, толщины стенок, расстояние до отсекающей арматуры);
- параметры исполнительных механизмов систем противоаварийной защиты (*время закрытия и открытия запорной арматуры, надежность срабатывания, производительность насосов или других устройств аварийного опорожнения*);
- планы расположения оборудования и его элементов.



## Результаты оценки пожарного риска используются:

- для обоснования обеспечения допустимых значений пожарного риска, установленных федеральным законодательством, в следующих случаях:
  - объекты, для которых федеральными законами о технических регламентах и/или нормативными документами по пожарной безопасности не установлены требования пожарной безопасности;
  - объекты, для которых не в полном объеме выполнены требования нормативных документов по пожарной безопасности;
  - для принятия решений по разработке дополнительных мер по снижению пожарной опасности объекта в случае превышения одними или несколькими расчетными значениями пожарных рисков нормативных значений, установленных федеральным законодательством;
- при разработке проектной документации на объекты капитального строительства и проведении государственной экспертизы проектной документации.



## Вычисление величин пожарного риска на объекте

Величина потенциального пожарного риска  $P(a)$  (год<sup>-1</sup>) (потенциальный риск) в определенной точке ( $a$ ) на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта

$$P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{dj} \cdot Q_j \quad (1)$$

где  $J$  – число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий);

$Q_{dj}$  – условная вероятность поражения человека в определенной точке территории ( $a$ ) в результате реализации  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному инициирующему аварии событию;

$Q_j$  – частота реализации в течение года  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год<sup>-1</sup>.



Условные вероятности поражения человека  $Q_{dj}(a)$  определяются критериями поражения людей опасными факторами пожара, взрыва (например, значениями пробит-функций).

*В качестве вероятностного критерия поражения людей и/или зданий и сооружений используется понятие пробит-функции (probit-function). В общем случае пробит-функция  $Pr$  описывается выражением*

$$Pr = a + b \cdot \ln S,$$

*где  $a$ ,  $b$  - константы, зависящие от степени поражения и вида объекта;*

*$S$  - интенсивность воздействующего фактора.*





**Условная вероятность поражения человека  $Q_{dj}$  от совместного независимого воздействия нескольких опасных факторов в результате реализации  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций определяется по формуле**

$h$

$$Q_{dj}(a) = 1 - \prod_{k=1}^h [1 - Q_k \cdot Q_{djk}(a)] \quad (2)$$

где  $h$  – число рассматриваемых опасных факторов;

$Q_k$  – вероятность реализации  $k$ -го опасного фактора;

$Q_{djk}(a)$  – условная вероятность поражения  $k$ -м опасным фактором.



Величина потенциального риска  $P_i$  (год<sup>-1</sup>) в  $i$ -м помещении здания объекта определяется по формуле

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{dij} \quad (3)$$

где  $J$  – число сценариев возникновения пожара в здании;

$Q_j$  – частота реализации в течение года  $j$ -го сценария пожара, год<sup>-1</sup>;

$Q_{dij}$  – условная вероятность поражения человека при его нахождении в  $i$ -м помещении и реализации  $j$ -го сценария пожара.



Условная вероятность поражения человека  $Q_{dij}$   
определяется по формуле

$$Q_{dij} = (1 - P_{эij}) (1 - D_{ij}), \quad (4)$$

где  $P_{эij}$  – вероятность эвакуации людей, находящихся в  $i$ -м помещении здания, при реализации  $j$ -го сценария пожара;

$D_{ij}$  – вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей в  $i$ -м помещении при реализации  $j$ -го сценария пожара.



Вероятность эвакуации  $P_{эij}$  определяется по формуле:

$$P_{эij} = 1 - (1 - P_{эpij}) (1 - P_{д.вij}), \quad (5)$$

где  $P_{эpij}$  – вероятность эвакуации людей, находящихся в  $i$ -м помещении здания, по эвакуационным путям при реализации  $j$ -го сценария пожара;

$P_{д.вij}$  – вероятность выхода из здания людей, находящихся в  $i$ -м помещении, через аварийные или иные выходы.

При отсутствии данных вероятность  $P_{д.вij}$  допускается принимать равной 0,03 при наличии аварийных или иных выходов и 0,001 при их отсутствии.



Вероятность  $D_{ij}$  эффективной работы технических средств по обеспечению пожарной безопасности  $i$ -го помещения при реализации  $j$ -го сценария пожара определяется по формуле

$$D_{ij} = 1 - \prod_{k=1}^K (1 - D_{ijk}) \quad (7)$$

где  $K$  – число технических средств противопожарной защиты;  
 $D_{ijk}$  – вероятность эффективного срабатывания (выполнения задачи)  $k$ -го технического средства при  $j$ -м сценарии пожара для  $i$ -го помещения здания.

При отсутствии данных по эффективности технических средств величины  $D_{ij}$  допускается принимать равными нулю.



## Индивидуальный пожарный риск в зданиях и на территории объекта

Индивидуальный пожарный риск для работников объекта оценивается частотой поражения определенного работника объекта опасными факторами пожара, взрыва в течение года.

Области, на которые разбита территория объекта, нумеруются  $i = 1, \dots, I$ .

Работники объекта нумеруются  $m = 1, \dots, M$ .

Номер работника  $m$  однозначно определяет наименование должности работника, его категорию и другие особенности его профессиональной деятельности, необходимые для оценки пожарной безопасности. Допускается проводить расчет индивидуального риска для работника объекта, относя его к одной категории наиболее опасной профессии.

Величина индивидуального риска  $R_m$  (год<sup>-1</sup>) для работника  $m$  объекта при его нахождении на территории объекта определяется по формуле

$$R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} P(i) \quad (8)$$

$P(i)$  – величина потенциального риска в  $i$ -й области территории объекта, год<sup>-1</sup>;

$q_{im}$  – вероятность присутствия работника  $m$  в  $i$ -й области территории



Величина индивидуального риска  $R_m$  (год<sup>-1</sup>) для работника  $m$  при его нахождении в здании объекта, обусловленная опасностью пожаров в здании, определяется по формуле:

$$I \quad R_m = \sum_{i=1}^I P_i q_{im} \quad (9)$$

где  $P_i$  – величина потенциального риска в  $i$ -м помещении здания год<sup>-1</sup>;  
 $q_{im}$  – вероятность присутствия работника  $m$  в  $i$ -м помещении;  
 $N$  – число помещений в здании, сооружении и строении.

Индивидуальный риск работника  $m$  объекта определяется как сумма величин индивидуального риска при нахождении работника на территории и в зданиях объекта, определенных по формулам (8) и (9).

Вероятность  $q_{im}$  определяется исходя из доли времени нахождения рассматриваемого человека в определенной области территории и/или в  $i$ -м помещении здания в течение года на основе решений по организации эксплуатации и технического обслуживания оборудования и зданий объекта



## Индивидуальный и социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, индивидуальный пожарный риск принимается равным величинам потенциального риска в этой зоне, определенным по формуле (1).

Для объекта социальный пожарный риск (далее – социальный риск) принимается равным частоте возникновения событий, ведущих к гибели 10 и более человек.

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, социальный риск  $S$  (год<sup>-1</sup>) определяется по формуле

$$S = \sum_{j=1}^L Q_j \quad (10)$$

где  $L$  – число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров), для которых выполняется условие  $N_i \geq 10$ ;

$N_i$  – среднее число погибших в селитебной зоне вблизи объекта людей в результате воздействия опасных факторов пожара, взрыва при реализации  $j$ -го сценария.





Величина  $N_i$  определяется по формуле

$$\sum_{i=1}^I N_i = \sum Q_{dij} n_i \quad (11)$$

где  $I$  – количество областей, на которые разделена территория, прилегающая к объекту ( $i$  – номер области);

$Q_{dij}$  – условная вероятность поражения человека, находящегося в  $i$ -й области, опасными факторами при реализации  $j$ -го сценария;

$n_i$  – среднее число людей, находящихся в  $i$ -й области.



Кафедра пожарной безопасности  
технологических процессов и производств



## Вопрос 2. Методика определения частоты реализации пожароопасной ситуации



**Для определения возможных сценариев возникновения и развития пожаров** согласно методике, изложенной в 404 приказе МЧС России, рекомендуется использовать метод логических деревьев событий.

Построение логического дерева событий позволяет определить развитие возможных пожароопасных ситуаций и пожаров, возникающих вследствие реализации иницилирующих пожароопасную ситуацию событий. Анализ дерева событий представляет собой "осмысливаемый вперед" процесс, то есть процесс, при котором исследование развития пожароопасной ситуации начинается с исходного события с рассмотрением цепи последующих событий, приводящих к возникновению пожара.



При построении логического дерева событий **используются:**

- условная вероятность реализации различных ветвей логического дерева событий и перехода пожароопасной ситуации или пожара на ту или иную стадию развития;
- вероятность эффективного срабатывания соответствующих средств предотвращения или локализации пожароопасной ситуации или пожара;
- вероятность поражения расположенного в зоне пожара технологического оборудования и зданий объекта в результате воздействия на них опасных факторов пожара, взрыва.



## Процедура построения логического дерева событий

При анализе логических деревьев событий руководствуются следующими положениями:

- возможностью предотвращения дальнейшего развития пожароопасной ситуации и пожара зависит от количества стадий и времени их протекания (то есть от длины пути развития пожароопасной ситуации и пожара). Это обуславливается большей вероятностью успешной ликвидации пожароопасной ситуации и пожара, связанной с увеличением времени на локализацию пожароопасной ситуации и пожара и количеством стадий, на которых эта локализация возможна;
- наличием у стадии разветвлений по принципу "или", одно из которых приводит на стадию локализации пожароопасной ситуации или пожара (например, тушение очага пожара, своевременное обнаружение утечки и ликвидация пролива, перекрытие запорной арматуры и т.п.), свидетельствует о возможности предотвращения дальнейшего развития пожароопасной ситуации и пожара по этому



При построении логических деревьев событий **учитываются** следующие положения:

- выбирается пожароопасная ситуация, которая может повлечь за собой возникновение аварии с пожаром с дальнейшим его развитием;
- развитие пожароопасной ситуации и пожара должно рассматриваться постадийно с учетом места ее возникновения на объекте оценки риска, уровня потенциальной опасности каждой стадии и возможности ее локализации и ликвидации;
- переход со стадии на стадию, как правило, отображается в виде соединяющих линий со стрелками, указывающими направления развития пожароопасной ситуации и последующего пожара. При этом соединения стадий должны отражать вероятностный характер события с выполнением условия "или" или "да", "нет";
- для каждой стадии рекомендуется устанавливать уровень ее опасности, характеризующийся возможностью перехода пожароопасной ситуации или пожара на соседние с пожароопасным



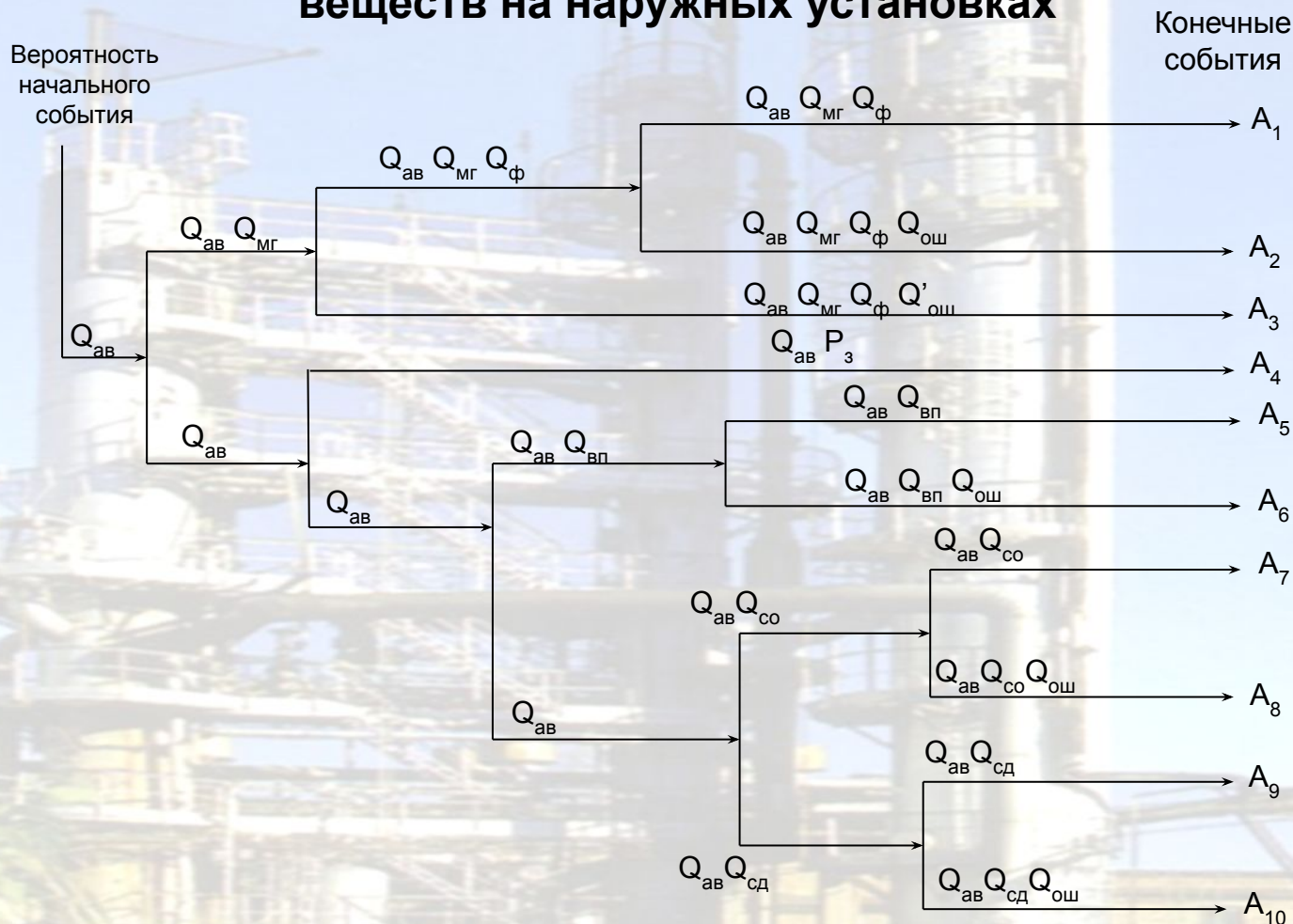
## Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств



- переход с рассматриваемой стадии на новую определяется возможностью либо локализации пожароопасной ситуации или пожара на рассматриваемой стадии, либо развития пожара, связанного с вовлечением расположенных рядом технологического оборудования, помещений, зданий и т.п. в результате влияния на них опасных факторов пожара, возникших на рассматриваемой стадии. Условные вероятности переходов пожароопасной ситуации или пожара со стадии на стадию одной ветви или с ветви на ветвь определяются, исходя из свойств вовлеченных в пожароопасную ситуацию или пожар горючих веществ, условной вероятности реализации различных метеорологических условий, наличия и условной вероятности эффективного срабатывания систем противоаварийной и противопожарной защиты, величин зон поражения опасными факторами пожара, объемно-планировочных решений и конструктивных особенностей оборудования и зданий производственного объекта;
- при повторении одним из путей части другого пути развития для упрощения построения логического дерева событий иногда вводят обозначение, представляющее собой соответствующую линию со стрелкой и надпись "на стадию (код последующей стадии)".



## Логическая схема развития аварии, связанной с выбросом горючих веществ на наружных установках







## Характеристика событий и вероятностей сценария логической схемы выброса пропана

Вероятность	Вид и развитие сценария
$Q_{ав}$ – вероятность аварийного выброса горючего вещества.	$A_1$ – мгновенное воспламенение истекающего продукта с последующим факельным горением
$Q_{мг}$ – вероятность мгновенного возгорания истекающего продукта.	$A_2$ – факельное горение, тепловое воздействие факела приводит к разрушению близлежащего резервуара и образованию «огненного шара»
$Q_{ош}$ – вероятность разрушения близлежащего резервуара под воздействием «огненного шара».	$A_3$ – мгновенный выброс продукта с образованием "огненного шара"
$Q_{ф}$ – вероятность факельного горения струи истекающего продукта.	$A_4$ – мгновенного воспламенения не произошло, авария локализована благодаря эффективным мерам по предотвращению пожара либо в связи с рассеянием парового облака
$P_3$ – вероятность того, что средства предотвращения пожара задачу выполнили, либо произошло рассеивание облака паров ГЖ.	$A_5$ – мгновенной вспышки не произошло, меры по предотвращению пожара успеха не имели, возгорание пролива.
$Q_{вп}$ – вероятность воспламенения пролива истекающего продукта.	$A_7$ – сгорание облака парогазовоздушной смеси в открытом пространстве
$Q_{со}$ – вероятность воспламенения облака паровоздушной смеси.	$A_9$ – сгорание облака с развитием избыточного давления в открытом пространстве
$Q_{сд}$ – вероятность сгорания облака паровоздушной смеси с развитием избыточного давления.	$A_6, A_8, A_{10}$ – разрушение близлежащего резервуара под воздействием избыточного давления или тепла при горении пролива или образовании «огненного шара»
$Q'_{ош}$ – вероятность возникновения «огненного шара».	



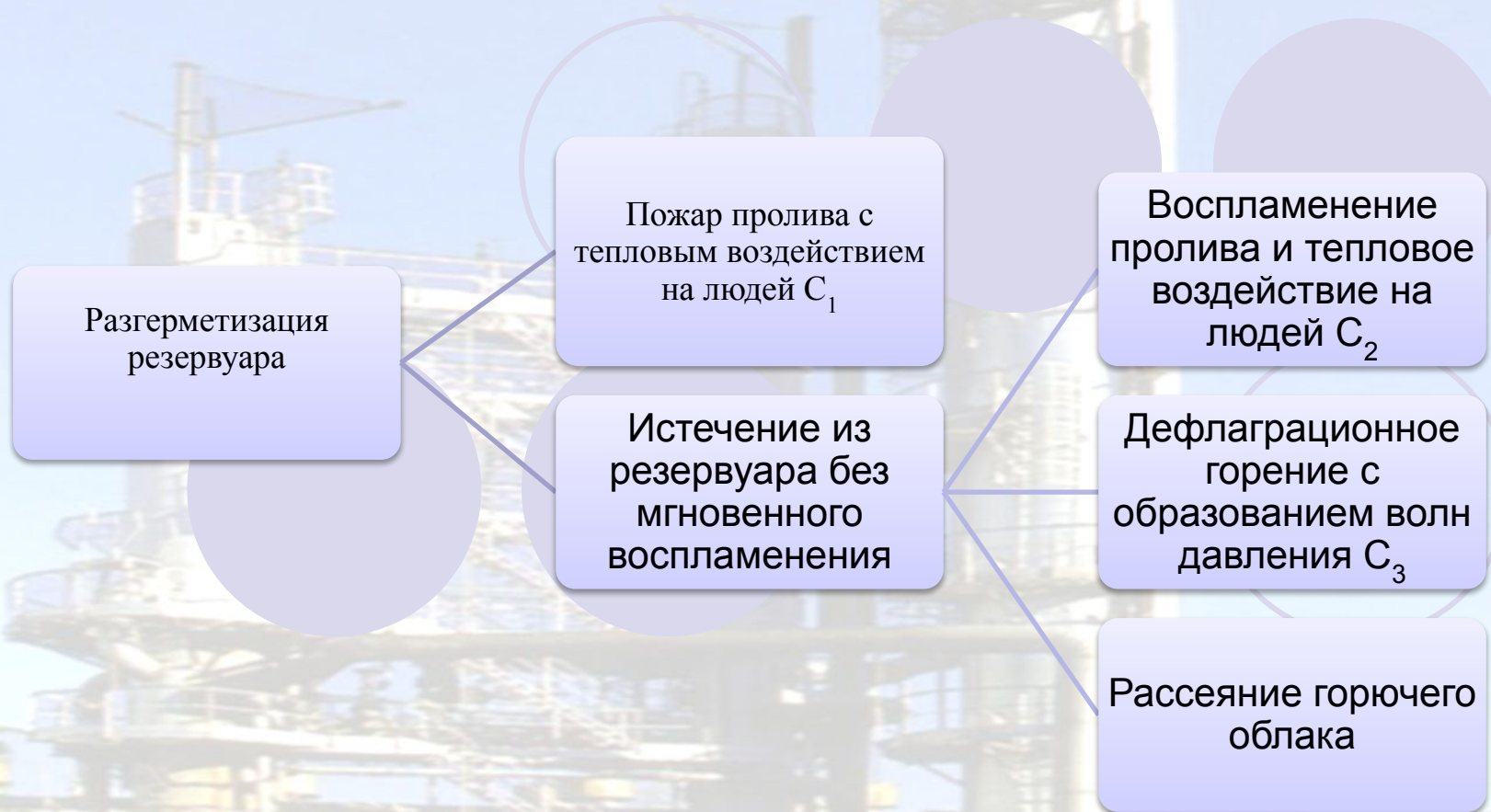
# Кафедра пожарной безопасности

## технологических процессов и производств





## Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств





Для различных сценариев развития пожара **строятся поля ОФП**, при этом учитываются:

- тепловое излучение при факельном горении, пожарах проливов горючих веществ на поверхность и огненных шарах;
- избыточное давление и импульс волны давления при сгорании газопаро-воздушной смеси в открытом пространстве;
- избыточное давление и импульс волны давления при разрыве сосуда (резервуара) в результате воздействия на него очага пожара;
- избыточное давление при сгорании газопаро-воздушной смеси в помещении;
- концентрация токсичных компонентов продуктов горения в помещении;
- снижение концентрации кислорода в воздухе помещения;
- задымление атмосферы помещения;
- среднеобъемная температура в помещении;
- расширяющиеся продукты сгорания при реализации пожара

**ВСПЫШКИ.**



## Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций (инициирующего события)

Для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций на объекте используется информация:

- а) об отказах оборудования, используемого на объекте;
- б) о параметрах надежности используемого на объекте оборудования;
- в) об ошибочных действиях работника объекта;
- г) о гидрометеорологической обстановке в районе размещения объекта;
- д) о географических особенностях местности в районе размещения объекта.



**Значение частоты реализации отдельной стадии дерева событий** или сценария определяется путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность развития по конкретному сценарию.

### **Частоты реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий для резервуара**

Наименование оборудования	Инициирующее аварию событие	Диаметр отверстия истечения, мм	Частота разгерметизации, год <sup>-1</sup>
Резервуары для хранения ЛВЖ и горючих жидкостей (далее – ГЖ) при давлении, близком к атмосферному	Разгерметизация с последующим истечением жидкости в обвалование	25	$8,8 \cdot 10^{-5}$
		100	$1,2 \cdot 10^{-5}$
		Полное разрушение	$5,0 \cdot 10^{-6}$



**Кафедра пожарной безопасности  
технологических процессов и производств**  
**Вероятность возникновения события на основании  
дерева событий при сливе топлива**



<p><math>C_1</math> - выброс топлива с мгновенным воспламенением → сгорание первичного парогазового облака (хлопок) и пожар пролива → растекание горящего топлива по территории объекта → тепловое поражение людей, сооружений и оборудования</p>					
		Диаметр отверстия истечения	Частота разгерметизации	Условная вероятность воспламенения	Вероятность реализации сценария
	Емкость (резервуар) с топливом)	25	$8,8 \cdot 10^{-5}$	0,015	$0,132 \cdot 10^{-5}$
		100	$1,2 \cdot 10^{-5}$	0,04	$0,048 \cdot 10^{-5}$
		Полное разрушение	$5,0 \cdot 10^{-6}$	0,05	$0,025 \cdot 10^{-5}$
				Итого:	$2,05 \cdot 10^{-6}$
<p><math>C_2</math> - выброс топлива без мгновенного воспламенения → образование пролива → испарение и образование парогазового облака → воспламенение через 600 сек. → горение пролива → тепловое воздействие на людей, сооружения и оборудование → ликвидация пожара</p>					
		Диаметр отверстия истечения	Частота разгерметизации	Условная вероятность воспламенения	Вероятность реализации сценария
	Емкость (резервуар) с топливом)	25	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$0,985 \cdot 0,015 = 0,014$	$1,2 \cdot 10^{-6}$
		100	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$0,985 \cdot 0,042 = 0,041$	$0,49 \cdot 10^{-6}$
		Полное разрушение	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$0,985 \cdot 0,061 = 0,06$	$0,3 \cdot 10^{-6}$
				Итого	$1,9 \cdot 10^{-6}$
<p><math>C_3</math> - выброс топлива без мгновенного воспламенения → образование пролива → испарение и образование парогазового облака → воспламенение через 600 сек → дефлаграционное горение → поражение людей, зданий и сооружений в результате взрыва ТВС → ликвидация последствий ЧС</p>					
	Емкость (резервуар) с топливом)	25	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$0,985 \cdot 0,05 = 0,049$	$0,43 \cdot 10^{-5}$
		100	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$0,985 \cdot 0,05 = 0,049$	$0,058 \cdot 10^{-5}$
		Полное разрушение	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$0,985 \cdot 0,05 = 0,049$	$0,025 \cdot 10^{-5}$
				Итого	$5,1 \cdot 10^{-6}$



## Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств



Таким образом, после построения логического дерева событий и оценки вероятности возникновения инициирующего события переходят к определению величины потенциального пожарного риска.

$$P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{dj}(a) \cdot Q_j$$

где:  $J$  - число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий);

$Q_{dj}(a)$  - условная вероятность поражения человека в определенной точке территории ( $a$ ) в результате реализации  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному инициирующему аварии событию;

$Q_j$  - частота реализации в течение года  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год<sup>-1</sup>.

Итого вероятность возникновения какого-либо события связанного с пожаром (величина потенциального пожарного риска) при сливе нефтепродуктов из автоцистерны составляет:

$$Q_j = 2,05 \cdot 10^{-6} + 1,9 \cdot 10^{-6} + 5,1 \cdot 10^{-6} = 9,05 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$