



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема : « Оценка рисков при хранении Бутена -1 »

Докладчик :  
Лепехова Е.А.  
ИГЭС 4 – 37  
Руководитель ВКР:  
Челекова Е.Ю.

# Цель и задачи:

---

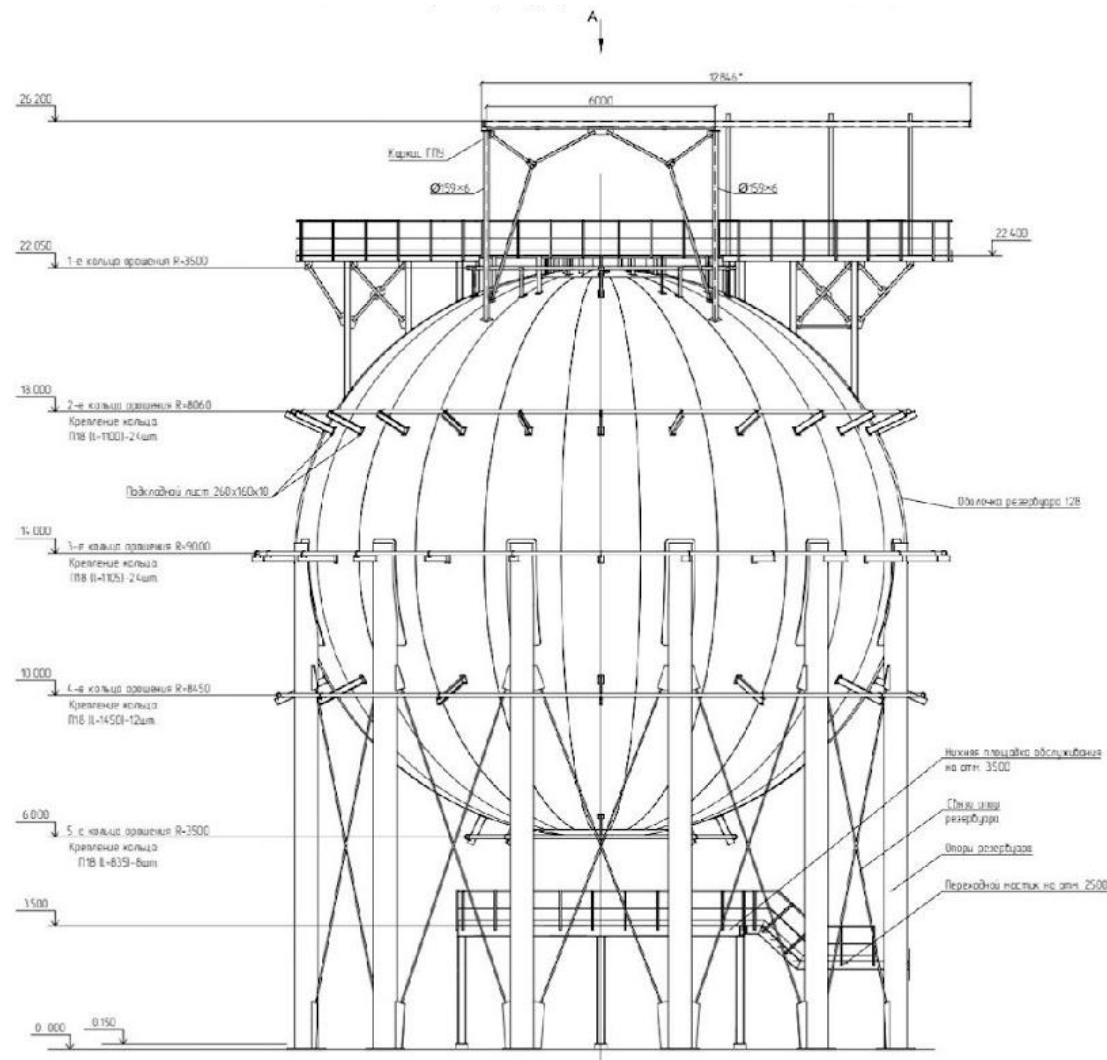
## Цель:

Оценить риски при хранении Бутена - 1

## Задачи:

1. провести анализ основных требований современного законодательства к процедуре оценки риска на производственном объекте;
2. определить сценарии развития аварии;
3. выявить опасные события при эксплуатации;
4. определить вероятности возникновения и развития аварийной ситуации;
5. оценить количество выброшенного вещества, участвующего в аварии;
6. рассчитать вероятные зоны действия поражающих факторов;
7. оценить безопасность производственного объекта.

# Практическая значимость



Оценка безопасности персонала, обслуживающего шаровой резервуар Бутена-1 при помощи причинно-следственной связи

**Предмет исследования:**

шаровой резервуар объемом 2000 м<sup>3</sup>, предназначенный для хранения и отгрузки жидкого Бутена-1

**Условия хранения Бутена - 1**

давление 0,53 Мпа (изб.)  
температура до 40°С.

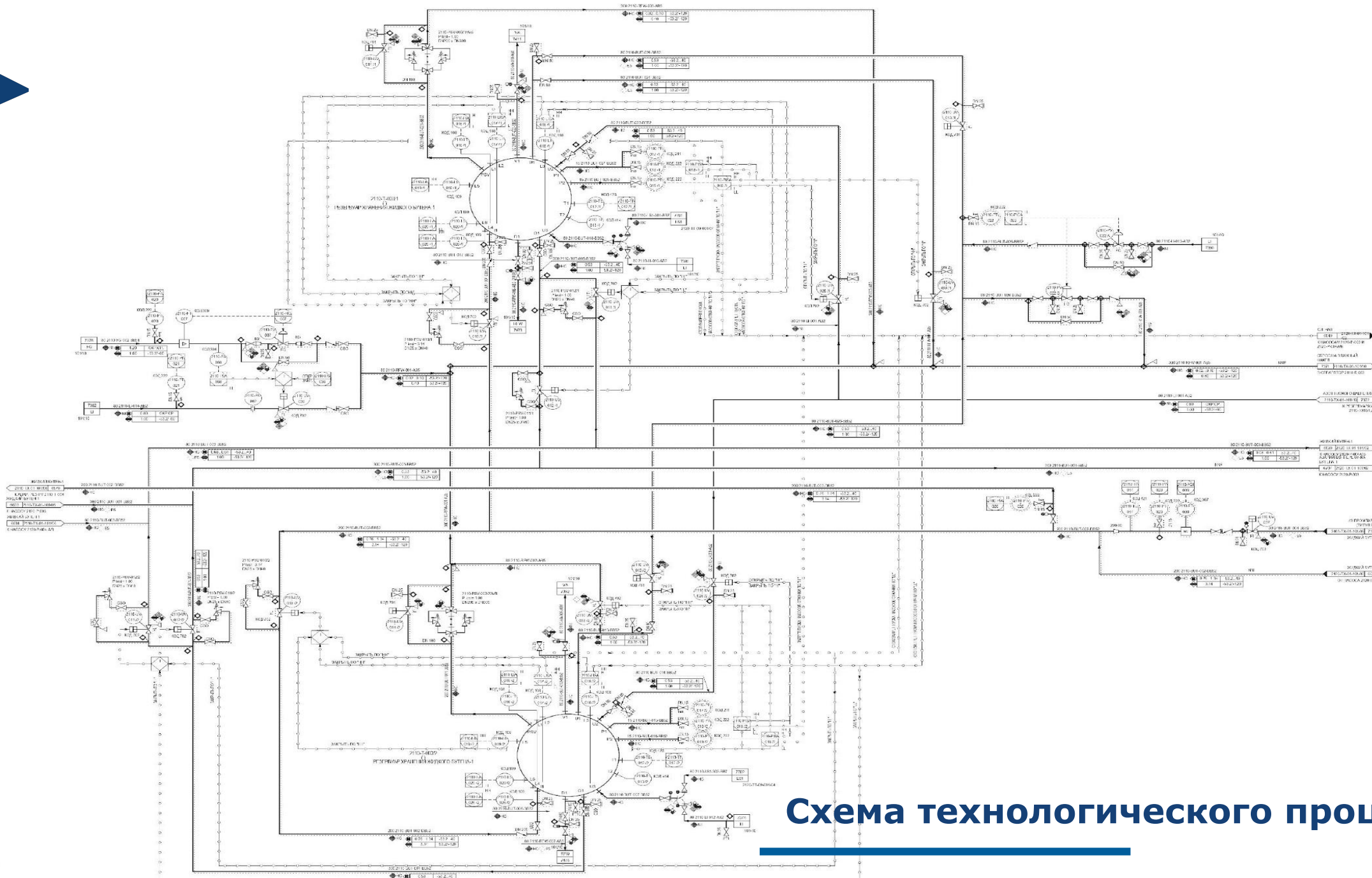
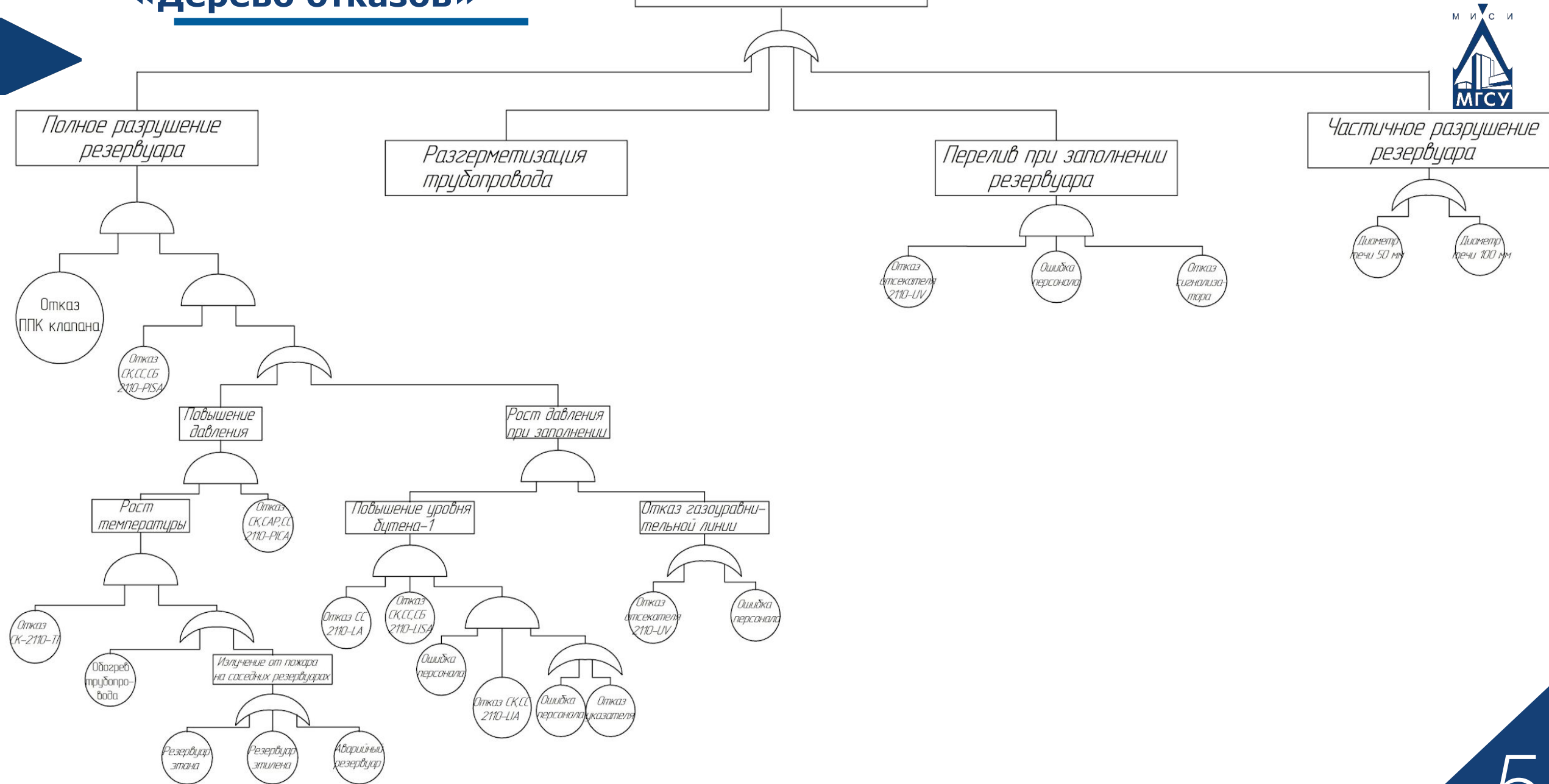


Схема технологического процесса

# «Дерево отказов»

Пролив жидкого Бутена - 1





## Определение вероятности возникновения аварийной ситуации

$$P_{\text{пр}} = 1 - (1 - P_{\text{полн.разр.}}) * (1 - P_{\text{труб}}) * (1 - P_{\text{перел.}}) * (1 - P_{\text{част.разр.}})$$

$$P_{\text{пр}} = 1 - (1 - P_{\text{полн.разр.}}) * (1 - P_{\text{труб}}) * (1 - P_{\text{част.разр.}})$$

где  $P_{\text{пр}}$  - вероятность пролива Бутена - 1;

$P_{\text{полн.разр.}}$  - вероятность полного разрушения :

$$P_{\text{полн.разр.}} = 1,12 * 10^{-6};$$

$P_{\text{труб}}$  - вероятность разгерметизации трубопровода :

$$P_{\text{труб}} = 3,84 * 10^{-5};$$

$P_{\text{част.разр}}$  - вероятность частичного разрушения:

$$P_{\text{част.разр}} = 5,5 * 10^{-6}.$$

$$P_{\text{пр}} = 1 - (1 - 1,12 * 10^{-6}) * (1 - 3,84 * 10^{-5}) * (1 - 5,5 * 10^{-6}) = 4,5 * 10^{-5}$$

# «Дерево событий» при полном разрушении



Авария

$1.12 \cdot 10^{-6}$



# Определение вероятности развития аварийной ситуации

Скорость ветра	Устойчивость атмосферы	Время воспламенения	Развитие аварии	
			Событие	Вероятность
U < 2 м/с	Инверсия	Мгновенное воспламенение	Взрыв, пожар пролива	
			Огненный шар, пожар пролива	
		Воспламенение с задержкой	Взрыв, пожар пролива	
			Огненный шар	
			Пожар пролива	
		U < 2 м/с	Изотермия	Мгновенное воспламенение
Огненный шар, пожар пролива				
Воспламенение с задержкой	Взрыв, пожар пролива			
	Огненный шар, пожар пролива			
	Пожар пролива			



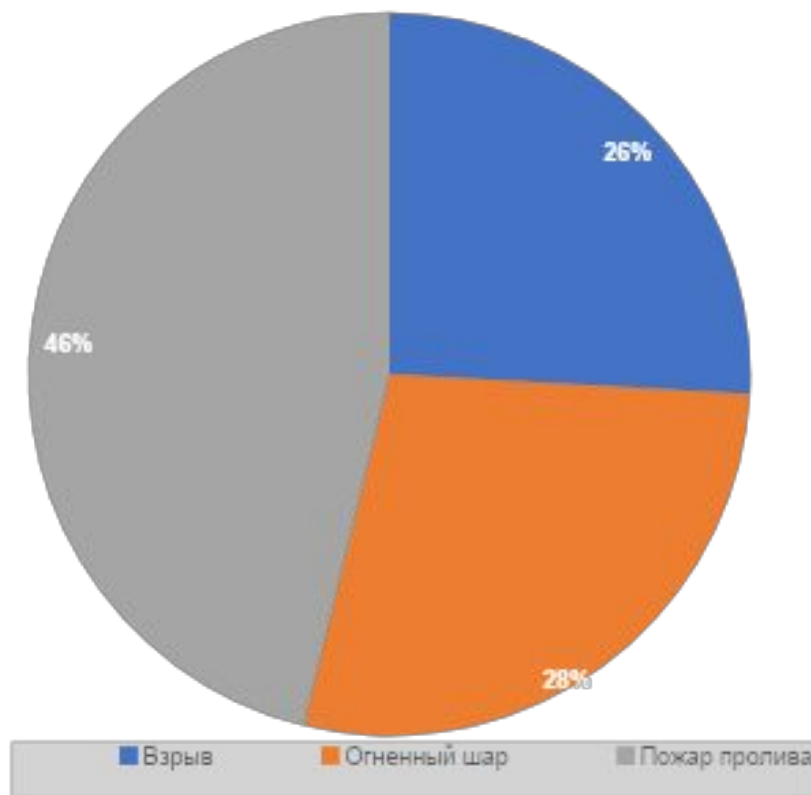
# Определение вероятности развития аварийной ситуации

Скорость ветра	Устойчивость атмосферы	Время воспламенения	Развитие аварии	
			Событие	Вероятность
$U < 2$ м/с	Конвекция	Мгновенное воспламенение	Взрыв, пожар пролива	
			Пожар пролива	
		Воспламенение с задержкой	Взрыв, пожар пролива	
$2 < U < 4$ м/с	Инверсия	Мгновенное воспламенение	Взрыв, пожар пролива	
			Огненный шар, пожар пролива	
		Воспламенение с задержкой	Взрыв, пожар пролива	
			Огненный шар, пожар пролива	
			Пожар пролива	

# Определение вероятности развития аварийной ситуации

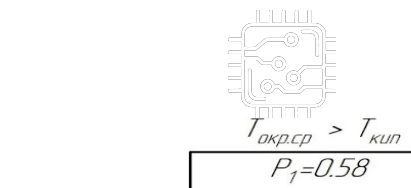
$2 < U < 4 \text{ м/с}$	Изотермия	Мгновенное воспламенение	Взрыв	
			Огненный шар	
		Воспламенение с задержкой	Взрыв	
			Огненный шар	
			Пожар пролива	
		$U > 4 \text{ м/с}$	Изотермия	Мгновенное воспламенение
Пожар пролива				
$U > 4 \text{ м/с}$		Воспламенение с задержкой	Пожар пролива	

# Вероятность аварийных ситуаций при мгновенном выбросе Бутена - 1

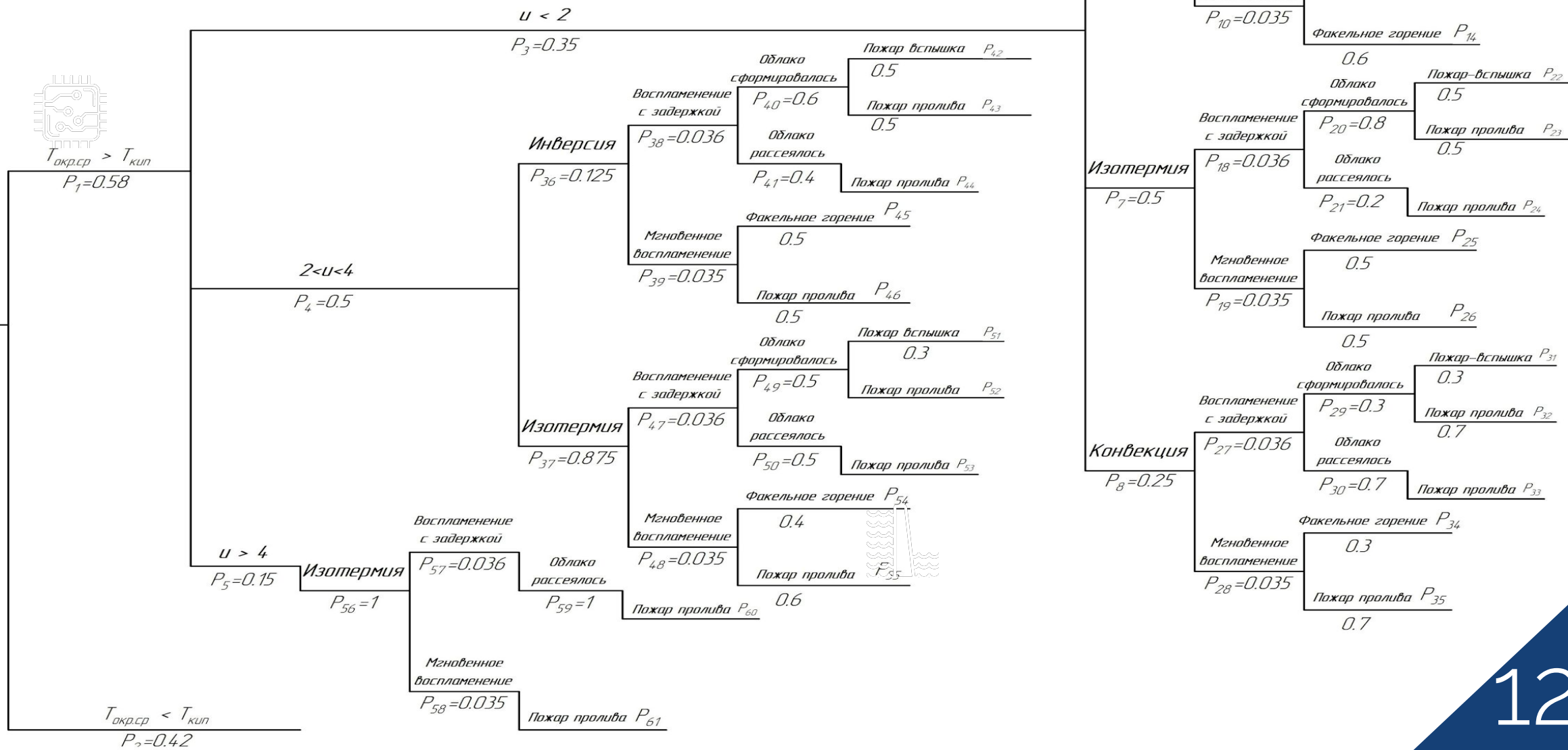


Вероятность взрыва	Вероятность образования огненного шара	Вероятность пожара пролива

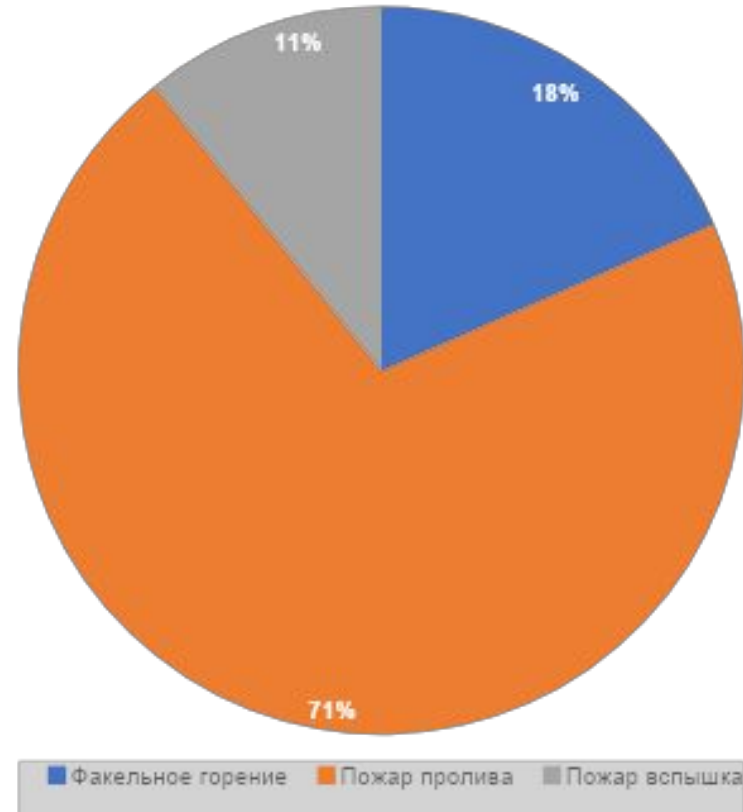
# «Дерево событий» при частичном разрушении



Авария  
 $5.5 \cdot 10^{-6}$



# Вероятность аварийных ситуаций при непрерывном истечении Бутена - 1



Вероятность факельного горения	Вероятность пожара вспышки	Вероятность пожара пролива

## Оценка количества опасного вещества, участвующего в авариях

Наименование инициирующего события	Наименование исхода аварии	Количество опасного вещества	
		Выброшенного	Участвующего в создании поражающего фактора
Полное разрушение резервуара	Огненный шар	995 тонн	69,65 тонн
	Взрыв		298,5 тонн
	Пожар пролива		995 тонн
Разгерметизация (диаметр отверстия истечения 50 мм)	Пожар вспышка	9,07 кг/с	9,07 кг/с
	Пожар пролива		9,07 кг/с
	Факельное горение		2,67 кг/с
Разгерметизация (диаметр отверстия истечения 100 мм)	Пожар вспышка	36,04 кг/с	36,04 кг/с
	Пожар пролива		36,04 кг/с
	Факельное горение		10,812 кг/с



# Расчёт вероятных зон действия поражающих факторов



## ФАКЕЛЬНОЕ ГОРЕНИЕ

Наименование инициирующего события	Длина факела, м	Зона воздействия, м		
		Ожог 1 степени	Ожог 2 степени	Ожог 3 степени
Диаметр отверстия 50 мм	30,2	19,1	-	-
Диаметр отверстия истечения 100 мм	52,4	45	35	31

## «ОГНЕННЫЙ ШАР»

Степень поражения	Радиус зоны воздействия, м
Ожог 3 степени	351,8
Ожог 2 степени	406,8
Ожог 1 степени	505,1

# Расчёт вероятных зон действия поражающих факторов



## ● ПОЖАР ПРОЛИВА

Высота пламени, м	Зона воздействия, м		
	Ожог 1 степени	Ожог 2 степени	Ожог 3 степени
94,98	134,6	134,6	134,6

## ● ПОЖАР ВСПЫШКА

Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания:

$$R_F = 1,2 * R_{НКПР}$$
$$R_F = 1,2 * 270,44 = 324,53 \text{ м}$$

## ● ВЗРЫВ

$$\Delta P = P_0 * \left( \frac{0,8m_{пр}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{пр}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{пр}}{r^3} \right)$$
$$i = \frac{123 * m_{пр}^{0,66}}{r}$$

Величина потенциального пожарного риска  $P(a)$  ( $\text{год}^{-1}$ ) :

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

Величина индивидуального риска  $R(m)$  ( $\text{год}^{-1}$ ) :

$$R(m) = \sum_{i=1}^I q_{im} * P(i)$$

Сценарий развития аварийной ситуации	
Пожар пролива	
Взрыв	
Огненный шар	
Факельное горение	
Пожар вспышка	

# ВЫВОДЫ

Проведён анализ основных требований законодательства к процедуре оценки риска на производственном объекте;

Идентифицированы опасные события при эксплуатации : повышение уровня, давления и/ или температуры

Произведен расчёт количества выброшенного вещества и вероятных зон действия поражающих факторов

Определены возможные сценарии аварии: взрыв, пожар пролива, факельное горение, пожар-вспышка, огненный шар

Определена вероятность возникновения и развития аварийной ситуации

Сделан вывод о безопасной эксплуатации резервуара: полученное значение индивидуального риска не превышает допустимого



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**