

## Оглавление

Раздел 1. Сведения о технологии .....	4
1.1 Сведения об опасных веществах .....	4
1.1.1 Характеристика опасного вещества – серная кислота .....	4
1.1.2 Характеристика опасного вещества – едкий натр .....	6
1.1.3 Характеристика опасного вещества – гидразин-гидрат .....	8
1.1.4 Характеристика опасного вещества – аммиак водный .....	10
1.2 Данные о технологии и оборудовании .....	12
1.2.1 Принципиальные технологические схемы, краткое описание технологического процесса .....	12
1.2.1.1 Технологическая схема хранения и дозирования раствора серной кислоты .....	12
1.2.1.2 Технологическая схема хранения и дозирования раствора едкого натра .....	13
1.2.1.3 Технологическая схема хранения и дозирования гидразин-гидрата .....	14
1.2.1.4 Технологическая схема хранения и дозирования аммиака водного .....	15
1.2.1.5 Краткое описание технологического процесса .....	16
1.2.2 План размещения технологического оборудования .....	17
1.2.3 Перечень основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества .....	18
1.2.4 Данные о распределении опасных веществ по оборудованию .....	23
1.3 Описание технических решений по обеспечению безопасности .....	27
1.3.1 Решения, направленные на исключение разгерметизации оборудования .....	27
1.3.2 Решения, направленные на предупреждение развития аварий и локализацию выбросов опасных веществ .....	28
1.3.3 Решения, направленные на обеспечение взрывопожаробезопасности .....	29
1.3.4 Системы автоматического регулирования, блокировки, сигнализации и другие средства обеспечения безопасности .....	30
Раздел 2. Анализ риска .....	35
2.1 Анализ известных аварий .....	35
2.1.1 Перечень аварий и обобщенные данные об инцидентах, имевших место на декларируемом объекте .....	35
2.1.2 Перечень наиболее опасных по последствиям аварий, имевших место на аналогичных объектах .....	35
2.1.3 Анализ основных причин произошедших аварий .....	40
2.2 Анализ условий возникновения и развития аварий .....	42
2.2.1 Определение возможных причин возникновения аварии, факторов, способствующих возникновению и развитию аварий .....	42
2.2.2 Определение сценариев аварий с участием опасных веществ .....	53
2.2.3 Обоснование применяемых физико-математических моделей и методов расчета .....	75
2.2.4 Оценка количества опасных веществ, участвующих в аварии .....	80
2.2.5 Расчет вероятных зон действия поражающих факторов .....	85
2.2.6 Оценка возможного числа пострадавших .....	117
2.2.7 Оценка возможного ущерба .....	133

2.3 Оценка риска аварий (по составляющим объекта) .....	136
Раздел 3 «Выводы и предложения».....	141
3.1 Перечень составляющих декларируемого объекта .....	141
3.2 Сравнительный анализ рассчитанных показателей риска аварий.....	151
3.3 Предложения по внедрению мер, направленных на уменьшение риска аварий.....	156
Список использованных источников .....	158
1. Перечень нормативно-правовых документов, регулирующих требования промышленной безопасности на декларируемом объекте.....	158
2. Перечень документов организации, используемых при разработке расчетно-пояснительной записки .....	162
3. Перечень литературных источников .....	164

### 1.2.3 Перечень основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества

Перечень основного технологического оборудования, в котором обращаются опасные вещества, опасного производственного объекта Площадка подсобного хозяйства ТЭЦ-2 представлен в таблице 1.5

Таблица 1.5

№ Блока	Наименование	Опасное вещество	Технические характеристики	Место расположения	Числовое обозначение признака опасности
Блок № 1	Цистерна серной кислоты № 1 (зав. 18587; рег. № 7924)	Серная кислота	$P_{расч.} = 0,6$ МПа; $P_{раб.} = 0,1$ МПа; $T_{раб.} = 20^{\circ}C$ ; $V = 30$ м <sup>3</sup> ; Год изготовления: 1964; Год ввода: 1964	Реагентное хозяйство – наружная установка	2.1
Блок № 2	Цистерна серной кислоты № 2 (зав. 18595; рег. № 7925)	Серная кислота	$P_{расч.} = 0,6$ МПа; $P_{раб.} = 0,1$ МПа; $T_{раб.} = 20^{\circ}C$ ; $V = 30$ м <sup>3</sup> ; Год изготовления: 1964; Год ввода: 1964	Реагентное хозяйство – наружная установка	2.1
Блок № 3	Бак серной кислоты № 1	Серная кислота	$P_{расч.} = 0,6$ МПа; $P_{раб.} = 0,1$ МПа; $T_{раб.} =$ окр. среды; $V = 75$ м <sup>3</sup> ; Год изготовления: 2010; Год ввода: 2010	Реагентное хозяйство – производственное помещение	2.1
Блок № 4	Бак серной кислоты № 2 (аварийный)	Серная кислота	$P_{расч.} = 0,6$ МПа; $P_{раб.} = 0,1$ МПа; $T_{раб.} =$ окр. среды; $V = 75$ м <sup>3</sup> ; Год изготовления: 2010; Год ввода: 2010	Реагентное хозяйство – производственное помещение	2.1
Блок № 5	Трубопровод серной кислоты от железнодорожной цистерны до цистерн № 1, № 2	Серная кислота	$P_{раб.} =$ вакуум; $T_{раб.} =$ окр. среды; $V = 0,12$ м <sup>3</sup> ; Диаметр: $\varnothing 76 \times 4$ мм; Длинна: 27,25 м; Год изготовления: 1998; Год ввода: 1998	Реагентное хозяйство	2.1
Блок № 6	Трубопровод серной кислоты от цистерн № 1, № 2 до баков хранения серной кислоты № 1, № 2	Серная кислота	$P_{раб.} = 0,1$ МПа; $T_{раб.} =$ окр. среды; $V = 0,43$ м <sup>3</sup> ; Диаметр: $\varnothing 89 \times 4,5$ мм; Длинна: 69,3 м; Год изготовления: 1998; Год ввода: 1998	Реагентное хозяйство	2.1

### 1.3.4 Системы автоматического регулирования, блокировки, сигнализации и другие средства обеспечения безопасности

Характеристика системы автоматического регулирования, блокировок, сигнализации и других средств безопасности представлена в таблице 1.7.

Таблица 1.7

№ п.п.	Блок №	Наименование	Характеристика системы автоматического регулирования, блокировок, сигнализации и других средств безопасности
1	Блок № 1	Цистерна серной кислоты № 1 (зав. 18587; рег. № 7924)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Измерение, контроль и регулирование уровня продукта с помощью уровнемера (LE), сигнализация предельного значения уровня, автоматическое отключение подачи продукта в емкость (отсечной клапан К-11а).</li> <li>- Контроль давления (по месту) с помощью манометра (PI).</li> <li>- Наличие отсечной (запорной) арматуры с ручным управлением: К-11; К-13.</li> </ul>
2	Блок № 2	Цистерна серной кислоты № 2 (зав. 18595; рег. № 7925)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Измерение, контроль и регулирование уровня продукта с помощью уровнемера (LE), сигнализация предельного значения уровня, автоматическое отключение подачи продукта в емкость (отсечной клапан К-12а).</li> <li>- Контроль давления (по месту) с помощью манометра (PI).</li> <li>- Наличие отсечной (запорной) арматуры с ручным управлением: К-12; К-14.</li> </ul>
3	Блок № 3	Бак серной кислоты № 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Измерение, контроль и регулирование уровня продукта с помощью уровнемера (LE), сигнализация предельного значения уровня, автоматическое отключение подачи продукта в емкость (отсечной клапан К-31а).</li> <li>- Контроль давления (по месту) с помощью манометра (PI).</li> <li>- Наличие отсечной (запорной) арматуры с ручным управлением: К-31; К-33.</li> <li>- Дублирование запорной арматуры на линии нижнего слива: К-33; К-33*.</li> </ul>
4	Блок № 4	Бак серной кислоты № 2 (аварийный)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Измерение, контроль и регулирование уровня продукта с помощью уровнемера (LE), сигнализация предельного значения уровня, автоматическое отключение подачи продукта в емкость (отсечной клапан К-32а).</li> <li>- Контроль давления (по месту) с помощью манометра (PI).</li> <li>- Наличие отсечной (запорной) арматуры с ручным управлением: К-32; К-34.</li> <li>- Дублирование запорной арматуры на линии нижнего слива: К-34; К-34*.</li> </ul>

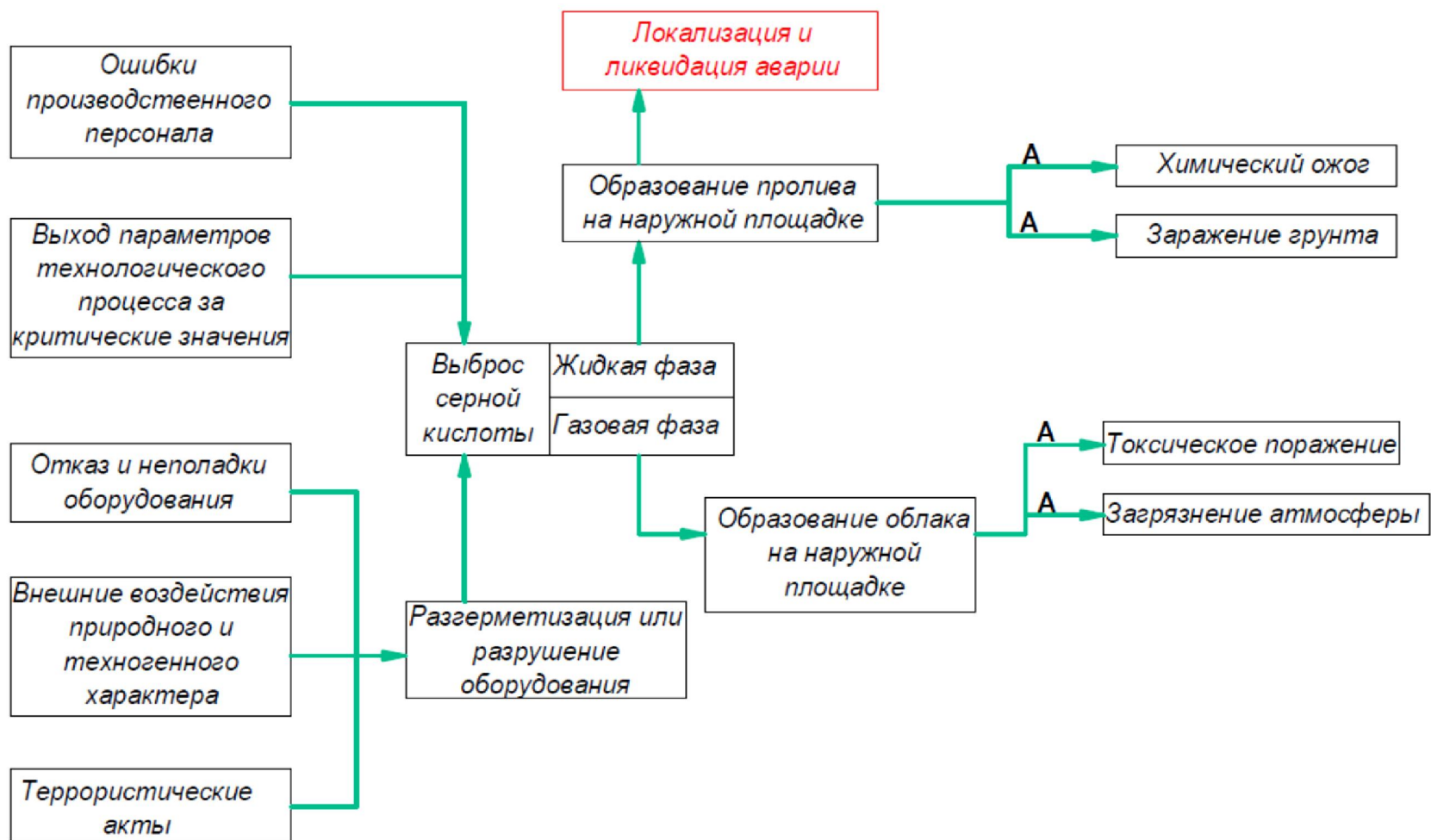


Рисунок 2.1. Схема развития аварийной ситуации по сценарию 1.1 (С1.1) - выброс серной кислоты на открытой площадке → наиболее вероятный сценарий развития аварийной ситуации

### 2.2.3 Обоснование применяемых физико-математических моделей и методов расчета

Возможные аварийные ситуации на декларируемом объекте характеризуются следующими поражающими факторами:

- Химический ожог;
- Заражение грунта;
- Токсическое поражение;
- Загрязнение атмосферы;
- Воздушная ударная волна при взрыве топливно-воздушной смеси;
- Интенсивность теплового излучения при пожаре пролива.

На исследуемом опасном производственном объекте для расчета вероятных зон поражающих факторов использованы следующие математические модели:

1. Зона действия поражающего фактора – химический ожог – принимается равной площади разлива химически опасного вещества (серная кислота, едкий натр, гидразин-гидрат), ограниченной железобетонным обвалованием на наружной площадке и площадью помещения в цехе.
2. Зона действия поражающего фактора – заражение грунта - принимается равной площади разлива химически опасного вещества (серная кислота, едкий натр, гидразин-гидрат), ограниченной железобетонным обвалованием на наружной площадке.
3. Зона токсического поражения в результате воздействия химически опасного вещества (серная кислота, едкий натр, гидразин-гидрат, аммиак) определяется в соответствии с РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте».
4. Уровень (зона) загрязнения атмосферы в результате воздействия химически опасного вещества (серная кислота, едкий натр, гидразин-гидрат, аммиак) определяется в соответствии с РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте».
5. Оценка параметров воздушной ударной волны при взрыве топливно-воздушной смеси определяется в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств".
6. Интенсивность теплового излучения при пожаре пролива оценивается в соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

При этом при расчете зоны загрязнения атмосферы химически опасными веществами в соответствии с РД 52.04.253-90 принимаем:

- Оборудование, содержащее химически опасное вещество, разрушается полностью;
- Выброс химически опасного вещества равняется максимальному количеству вещества в рассматриваемом блоке;
- Метеорологические условия – инверсия;
- Скорость ветра – 1 м/с;
- Масштаб заражения рассчитывается только для вторичного облака.

## 2.2.4 Оценка количества опасных веществ, участвующих в аварии

Количества опасных веществ, участвующих в создании опасных факторов, при реализации различных сценариев представлено в таблице 2.3.

Таблица 2.3

№ п.п.	Блок №	Наименование опасного вещества	Сценарий	Поражающий фактор	Количество опасного вещества, т	
					участвующего в аварийной ситуации	участвующего в создании поражающего фактора
1	Блок № 1	Серная кислота	С1.1	Химический ожог	55,068	55,068
				Токсическое поражение	55,068	0,1
				Загрязнение атмосферы	55,068	0,1
			С1.2	Токсическое поражение	55,068	55,068
				Загрязнение атмосферы	55,068	55,068
				Химический ожог	55,068	55,068
2	Блок № 2	Серная кислота	С1.1	Химический ожог	55,068	55,068
				Токсическое поражение	55,068	0,1
				Загрязнение атмосферы	55,068	0,1
			С1.2	Токсическое поражение	55,068	55,068
				Загрязнение атмосферы	55,068	55,068
				Химический ожог	55,068	55,068
3	Блок № 3	Серная кислота	С1.1	Химический ожог	110,136	110,136
				Токсическое поражение	110,136	0,2
				Загрязнение атмосферы	110,136	0,2
			С1.2	Токсическое поражение	110,136	110,136
				Загрязнение атмосферы	110,136	110,136
				Химический ожог	110,136	110,136
4	Блок № 4	Серная кислота	С1.1	Химический ожог	110,136	110,136
				Токсическое поражение	110,136	0,2
				Загрязнение атмосферы	110,136	0,2
			С1.2	Токсическое поражение	110,136	110,136
				Загрязнение атмосферы	110,136	110,136
				Химический ожог	110,136	110,136
5	Блок № 5	Серная кислота	С1.1	Химический ожог	0,22	0,22
				Токсическое поражение	0,22	0,007
				Загрязнение атмосферы	0,22	0,007
			С1.2	Токсическое поражение	0,22	0,22
				Загрязнение атмосферы	0,22	0,22
				Химический ожог	0,22	0,22
6	Блок № 6	Серная кислота	С1.1	Химический ожог	0,789	0,789
				Токсическое поражение	0,789	0,007
				Загрязнение атмосферы	0,789	0,007
			С1.2	Токсическое поражение	0,789	0,789
				Загрязнение атмосферы	0,789	0,789
				Химический ожог	0,789	0,789
7	Блок № 7	Серная кислота	С1.1	Химический ожог	0,349	0,349
				Токсическое поражение	0,349	0,005
				Загрязнение атмосферы	0,349	0,005

Сценарий	Блок с наибольшим количеством опасного вещества	Наименование опасного вещества	Максимальные зоны действия поражающих факторов		
			Химический ожог	Токсическое поражение	Загрязнение атмосферы*
С6.2	Блок № 29. Трубопровод водного раствора аммиака от цистерны до бака мерника	Аммиак	---	326 м <sup>2</sup>	380 м
					0,012 км <sup>2</sup>
С7.1	Блок № 30. Емкость гидразин-гидрата	Гидразин-гидрат	66 м <sup>2</sup>	66 м <sup>2</sup>	380 м
					0,012 км <sup>2</sup>
С7.2	Блок № 30. Емкость гидразин-гидрата	Гидразин-гидрат	66 м <sup>2</sup>	66 м <sup>2</sup>	4,53 км
					0,42 км <sup>2</sup>

\* Верхняя строка – максимально возможная глубина зоны поражения; нижняя строка – максимально возможная площадь зоны фактического поражения.

### Сценарий С1.1. Прогнозирование масштабов заражения в соответствии с РД 52.04.253-90.

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке определяем по формуле:

$$Q_{Э2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}$$

где:

$K_1$  – коэффициент, зависящий от условий хранения сильно действующего ядовитого вещества (СДЯВ), определяемый по формуле:

$$K_1 = \frac{c_p \cdot \Delta T}{\Delta H_{исп}} = 0$$

где:

$\Delta T$  – разность температур жидкого СДЯВ до и после разрушения емкости; так как хранение серной кислоты осуществляется при температуре приблизительно равной температуре окружающей среды,  $\Delta T = 0$ .

$C_p$  – удельная теплоемкость жидкого СДЯВ, кДж/(кг×°С);

$\Delta H_{исп}$  – удельная теплота испарения жидкого СДЯВ при температуре испарения, кДж/кг.

$K_2$  – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств СДЯВ, определяемый по формуле:

$$K_2 = 8,1 \cdot 10^{-6} \cdot P \cdot \sqrt{M} = 8,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,005 \cdot \sqrt{98} = 0,4 \times 10^{-6}$$

где:

$P = 0,005$  мм.рт.ст. – давление насыщенных паров серной кислоты;

$M = 98$  – молекулярная масса серной кислоты.

$K_3$  – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора (0,6 мг×мин/л), к пороговой токсодозе серной кислоты (6,5 мг×мин/л):

$$K_3 = \frac{0,6}{6,5} = 0,09$$

$K_4 = 1$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра (1 м/с; инверсия);



Зоны действия поражающих факторов: интенсивность теплового излучения при пожаре пролива

Сценарий	Блок с наибольшим количеством опасного вещества	Наименование опасного вещества	Расстояние от очага возгорания, м	Интенсивность теплового излучения, кВт/м <sup>2</sup>	Последствия
С7.2	Блок № 30. Емкость гидразин-гидрата	Гидразин-гидрат	10	19,3	Непереносимая боль через 3-30 с Ожог 1-й степени через 6-20 с Ожог 2-й степени через 12-40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганной поверхности; воспламенение фанеры
			25	2,56	Безопасно для человека в брезентовой одежде
			50	1,93	Без негативных последствий в течение длительного времени
			100	1,52	

Интенсивность теплового излучения при пожаре пролива гидразин-гидрата определяется в соответствии с Приложением В ГОСТ Р 12.3.047-2012 "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля".

#### Сценарий 7.2.

Интенсивность теплового излучения для пожара пролива горючей жидкости определяется по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \tau$$

где:

где  $E_f$  - среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, кВт/м<sup>2</sup>;

$F_q$  - угловой коэффициент облученности;

$\tau$  - коэффициент пропускания атмосферы.

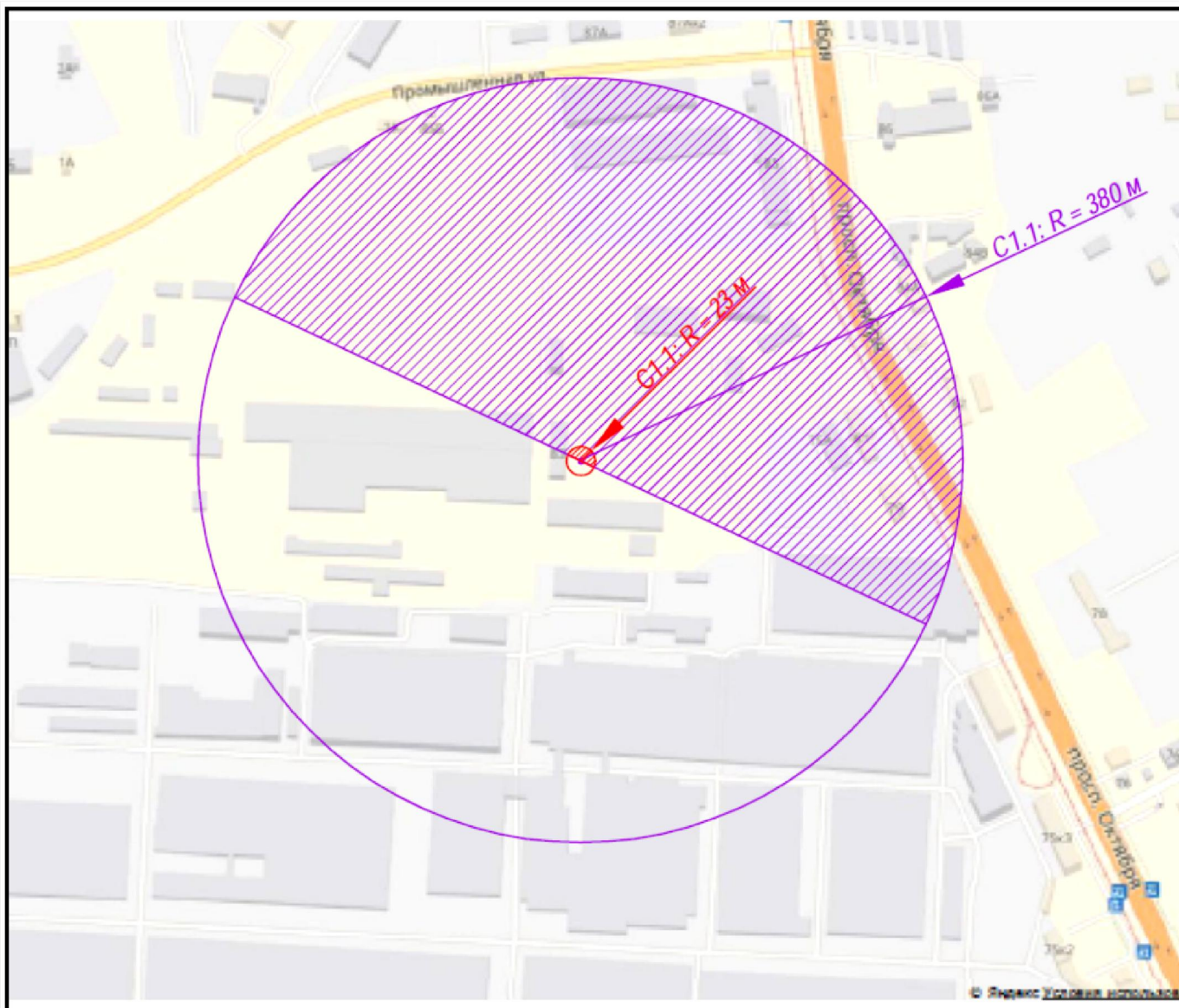
Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени определяется по формуле:

$$E_f = \frac{0,4 \cdot m' \cdot H_{сг}}{(1 + 4 \cdot \frac{L}{d})}$$

где:

$m'$  - удельная массовая скорость выгорания;

$H_{сг} = 14644$  кДж/кг – удельная теплота сгорания;



Ситуационный план сценария С1.1:

- поражающее вещество - серная кислота
- разгерметизация блока № 3
- место размещения блока: наружная площадка химического цеха Ярославской ТЭЦ-2;
- наиболее вероятный вариант развития аварийной ситуации.

- радиус зоны токсического поражения с возможным смертельным исходом: 23 м;
- площадь зоны токсического поражения с возможным смертельным исходом: 420 м<sup>2</sup>;
- радиус зоны возможного возникновения химического ожога: 23 м;
- площадь зоны возможного возникновения химического ожога: 420 м<sup>2</sup>;
- радиус зоны загрязнения атмосферы сверх нормативных требований: 380 м;
- площадь зоны загрязнения атмосферы сверх нормативных требований: 0,012 км<sup>2</sup>.

**Примечания:**

- Фактическая площадь зоны заражения (заштрихована) показана с учетом преобладающего направления ветра по Ярославской области.
- Зона заражения может смещаться в зависимости от направления ветра, оставаясь в пределах, ограниченных радиусом R.

Дерево событий при аварии на ОПО с выбросом серной кислоты (сценарии: С1.1; С1.2; С2.1; 2.2)

