

Оценка пожарного риска
в зданиях и на территории автозаправочной станции

Отчет о научно-исследовательской работе

Исполнители:

Контарь Н.А., Субачев С.В.

МАРС-ПБ. <http://www.mars-pb.ru/>

(343) 319-12-62

Екатеринбург
2016

Оглавление

Введение	3
1. Характеристика пожарной опасности объекта.....	4
1.1. Общая характеристика объекта	4
1.2. Технологические процессы.....	6
1.3. Характеристика горючих веществ на объекте	7
1.4. Климатические особенности района.....	8
2. Определение перечня пожароопасных ситуаций и сценариев их развития	9
3. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций	13
3.1. Статистические данные, необходимые для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций	13
3.2. Расчет частоты реализации сценариев развития пожароопасных ситуаций	13
4. Построение полей опасных факторов пожара	15
4.1. Количественная оценка массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в результате возникновения пожароопасных ситуаций.....	15
4.2. Расчет интенсивности теплового излучения рассматриваемых пожаров	23
4.3. Расчет максимальных горизонтальных размеров взрывоопасных зон	46
4.4. Определение параметров волн давления при сгорании паровоздушного облака	46
5. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития	53
6. Вычисление расчетных величин пожарного риска	55
6.1. Расчет пожарного риска при пожаре в здании АЗС	55
6.2. Потенциальный пожарный риск на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта	62
6.3. Индивидуальный пожарный риск на территории объекта	65
6.4. Индивидуальный и социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта.....	67
Вывод.....	69
Литература.....	70

Введение

Согласно статье 6 № 123-ФЗ «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [2] пожарную безопасность объекта защиты можно считать обеспеченной, если в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» [1], и пожарный риск не превышает допустимых значений.

Таким образом, для проверки обеспечения пожарной безопасности необходимо провести расчет и оценку пожарного риска. Если величина пожарного риска не превысит нормативное значение, то пожарная безопасность объекта считается обеспеченной. Если риск окажется сверхнормативным, необходимо будет разрабатывать дополнительные противопожарные мероприятия по снижению его величины.

Цель работы – определение величины пожарного риска для объекта защиты, сравнение ее с нормативным значением и, при необходимости, разработка дополнительных противопожарных мероприятий.

Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи**:

- 1) проведен анализ пожарной опасности объекта, выявлены наиболее неблагоприятные сценарии возникновения и развития пожароопасных ситуаций;
- 2) выбраны методы прогноза неблагоприятных последствий при авариях;
- 3) проведен прогноз неблагоприятных последствий и оценка опасности для людей;
- 4) рассчитаны значения пожарного риска.

Методы исследования. Расчет величины пожарного риска проводился в соответствии с порядком, определенным постановлением Правительства РФ «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» [3], по алгоритмам, изложенным в методике [5].

1. Характеристика пожарной опасности объекта

1.1. Общая характеристика объекта

Автозаправочная станция расположена по адресу...

...

АЗС предназначена для заправки легковых автомобилей жидким моторным топливом. Тип АЗС – стационарный. АЗС рассчитана на 750 заправок в сутки. Объем реализации в сутки – 3,4 тонны ГСМ.

По функциональной пожарной опасности АЗС относится к классу Ф.5.2.

Площадь территории АЗС составляет 3820 м². На территории находятся:

- здание АЗС (площадь – 48 м², объем – 221,9 м³);
- навес над бетонной площадкой при четырех заправочных островках (объем 2332,8 м³, шесть колонн и перекрытие из проф.листа);
- 4 топливораздаточные колонки Нара-4000;
- пять наземных резервуаров РГС-75 в обваловании высотой 1 м;
- аварийный резервуар РГС-60 м³;
- сливная площадка для автоцистерны;
- склад инвентаря;
- трансформаторная подстанция 6/0,4 кВт;
- пожарный водоем.

Технологическая схема АЗС приведена на рис. 1.

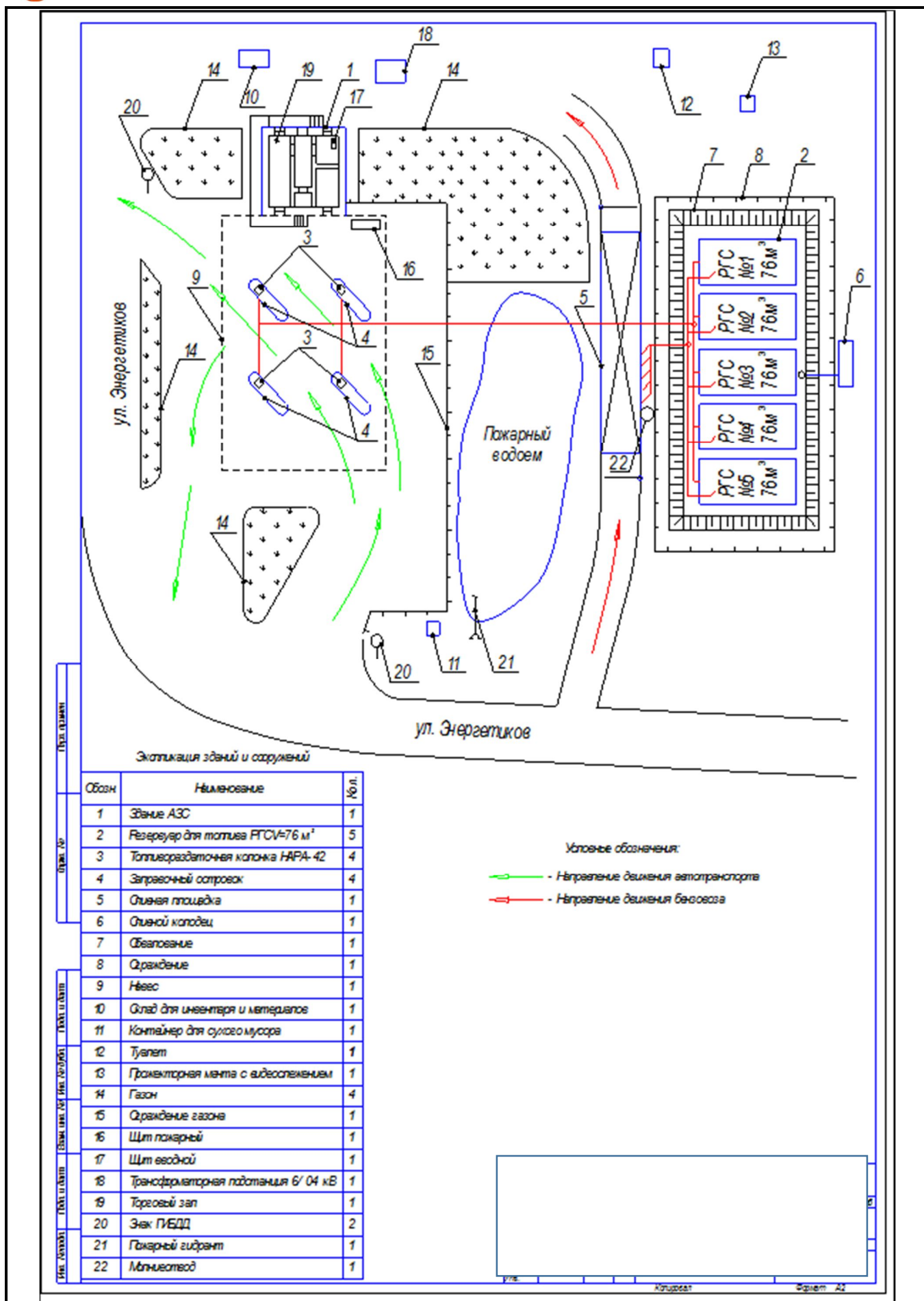


Рис. 1. Технологическая схема АЗС

1.2. Технологические процессы

На АЗС осуществляется прием, хранение и выдача жидких моторных топлив.

Прием ЖМТ

Топливо поступает на АЗС в автоцистернах (АЦ) емкостью 8 м³.

Для установки АЦ предусматривается площадка с твердым покрытием. Перед сливом АЦ присоединяется трубуциной или болтом заземляющего проводника из медной проволоки к заземляющему устройству.

Слив осуществляется самотеком с «большим дыханием».

При расчетном грузообороте (3,4 тонны ЖМТ в сутки) и равномерной загрузке АЗС максимальное количество разгружаемых АЦ объемом 8 м³ в год – 194 цистерны.

Общее время слива топлива с учетом вспомогательных операций составляет не более 1 ч.

Хранение ЖМТ

В качестве емкостей для хранения ЖМП используются резервуары горизонтальные стальные одностенные наземного размещения РГС-75.

Табл. 1. Характеристики резервуаров

№	Марка н/продукта	Форма резервуара	Тип, объем резервуара, м ³	Длина, м	Диаметр, м	Базовая высота, мм	Толщина стенок, мм	Марка дых.апп.
1	Премиум-95	цилиндр	РГС-75	8,960	3,247	3416	4	ДК-50
2	ДТ	цилиндр	РГС-75	8,930	3,246	3415	4	ДК-50
3	Пустой	цилиндр	РГС-75	8,900	3,248	3409	4	ДК-50
4	Нормаль-80	цилиндр	РГС-75	8,920	3,249	3378	4	ДК-50
5	Регуляр-92	цилиндр	РГС-75	8,960	3,250	3399	4	ДК-50

Выдача ЖМТ

Выдача ЖМТ осуществляется на заправочной площадке, оборудованной островками безопасности, на которых установлены топливораздаточные колонки (ТРК). В качестве ТРК используются 4 топливораздаточные колонки Нара-4000 (рис. 2).

ТРК обеспечивают автоматическую блокировку подачи топлива при номинальном заполнении топливного бака транспортного средства и оснащены устройствами, предотвращающими выход топлива при повреждении колонок.

Технические характеристики ТРК приведены ниже.

Табл. 2. Технические характеристики ТРК

Параметр	Значение
Номинальный расход, л/мин	50
Минимальная доза выдачи, л	2
Класс точности	0,25
Номинальная толщина фильтрования, мкм	20
Длина раздаточного рукава, м	4
Габаритные размеры, мм	900 x 460 x 2400



Рис. 2. Топливораздаточная колонка Нарра-4000

1.3. Характеристика горючих веществ на объекте

На рассматриваемой АЗС можно выделить две группы горючих веществ: жидкие моторные топлива, твердые горючие вещества (в здании АЗС).

Табл. 3. Характеристики ЖМТ

Параметр	Ед.изм.	Нормаль-80	Регуляр-92	Премиум-95	ДТ
Молярная масса	кг·кмоль ⁻¹	95,7	98,4	96,9	172,3
Плотность	кг·м ⁻³	673	803	798	804
Температура вспышки	°С	-37	-37	-37	36
Температура самовоспламенения	°С	269	345	370	225
Нижний температурный предел воспламенения	°С	-11	-30	-27	43
Верхний температурный предел воспламенения	°С	12	24	3	92
Нижний концентрационный предел воспламенения при 25 °С	об. доли	0,013	0,0106	0,0096	0,0062
Верхний концентрационный предел воспламенения при 25 °С	об. доли	0,059	0,051	0,0496	0,0345
Нормальная скорость распространения пламени	м·с ⁻¹	0,44	0,4	0,39	0,35
ПДК	мг·м ⁻³	100	100	100	100
Массовая скорость выгорания	кг·м ⁻² ·с ⁻¹	5,2·10 ⁻²	5,2·10 ⁻²	5,0·10 ⁻²	5,6·10 ⁻²
Теплота сгорания	кДж·кг ⁻¹	44 709	43 598	43 641	43 590
Минимальная энергия зажигания	мДж	0,4	0,4	0,4	1,6
Кинематическая вязкость	м ² ·с ⁻¹	3·10 ⁻⁶	3·10 ⁻⁶	3·10 ⁻⁶	4·10 ⁻⁶

В качестве пожарной нагрузки в здании АЗС принята «Подсобные и бытовые помещения» по таблице 1 [7].

Табл. 4. Характеристики горючей нагрузки в здании

Параметр	Ед.изм.	Величина
Название		Подсобные и бытовые помещения
h — Коэффициент полноты сгорания		0,93
Q — Низшая теплота сгорания	МДж/(кг·К)	14
ψf — Удельная массовая скорость выгорания жидкости	кг/(м ² ·с)	0,029
v — Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0042
L_{O_2} — Удельный расход кислорода	кг/кг	1,161
Dm — Дымообразующая способность горящего материала	Нп·м ² /кг	53
Макс. выход CO ₂	кг/кг	0,642
Макс. выход CO	кг/кг	0,037
Макс. выход HCl	кг/кг	0

1.4. Климатические особенности района

Расчетная температура принималась равной абсолютной максимальной температуре воздуха в климатической зоне размещения объекта, $t_0 = 38$ °С [4].

Для расчета принята равновероятная возможность направлений ветров. Повторяемость ветра со скоростью не более 1 м/с (повторяемость штиля) $P_{штиля} = 0,16$.

2. Определение перечня пожароопасных ситуаций и сценариев их развития

Для построения множества сценариев возникновения и развития пожароопасных ситуаций на рассматриваемом объекте был использован метод логических деревьев событий. Построение логических деревьев событий, лежащих в основе оценки пожарного риска для рассматриваемого объекта, осуществлялось исходя из следующих предпосылок [6].

1. В качестве инициирующих пожароопасные ситуации и пожары на объекте рассматриваются следующие события:

- разгерметизация резервуаров с образованием пролива в обваловании,
- полное разрушение резервуаров с образованием пролива в обваловании и переливом части жидкости за пределы обвалования,
- разгерметизация или полное разрушение трубопроводов топлива в пределах обвалования с образованием пролива в обваловании,
- разгерметизация или полное разрушение трубопроводов топлива за пределами обвалования с образованием пролива на свободной поверхности,
- разгерметизация гибких соединений при проведении сливо-наливных операций на сливной площадке для автоцистерны с образованием пролива на свободной поверхности,
- пожар в здании операторской.

Разгерметизация гибких соединений при проведении сливо-наливных операций на ТРК не рассматривается ввиду пренебрежимо малого количества поступающих в окружающее пространство горючих веществ.

Ситуации, связанные с разгерметизацией резервуара и трубопровода дизельного топлива, не рассматриваются, так как температура жидкости в подавляющем числе случаев не превышает температуру вспышки дизельного топлива.

2. Принимается, что случаи разгерметизации резервуара, характеризующиеся его полным разрушением, относятся к квазимгновенному разрушению резервуара (распад резервуара на приблизительно равные по размеру части в течение секунд или долей секунд). Для этих случаев принимается, что происходит перелив части хранимого в резервуаре продукта через обвалование.

3. Реализация инициирующих пожароопасных ситуаций событий, связанных с разгерметизацией резервуаров и трубопроводов, приводит к образованию пролива в пределах обвалования, а в случае полного разрушения резервуара также и к проливу вне обвалования.

4. При мгновенном воспламенении вышедшего горючего продукта возникает пожар пролива.

5. При отсутствии мгновенного воспламенения вышедшего горючего продукта происходит испарение жидкости с поверхности пролива с возможностью образования взрывоопасного паровоздушного облака. Принимается, что испарение ЛВЖ с

поверхности пролива приводит к образованию взрывоопасного паровоздушного облака только в случае безветрия (штиля).

6. Последующее воспламенение, если отсутствует мгновенное воспламенение, приводит к взрыву образовавшегося паровоздушного облака или его сгоранию в режиме пожара-вспышки. Последующее воспламенение при условии отсутствия мгновенного воспламенения и наличии ветра приводит к пожару пролива.

7. Воздействие на резервуары парка пожара-вспышки и взрыва паровоздушного облака с возможностью дальнейшей эскалации пожара не рассматриваются, поскольку зоны поражения от первичных пожаров (взрыв или пожар-вспышка) шире зон поражения от возможных вторичных пожаров.

На рис. 3 приведено дерево событий при возникновении и развитии пожароопасных ситуаций, связанных с образованием пролива легко воспламеняющейся жидкости, на основе которых проводились расчеты пожарного риска для рассматриваемого объекта. На указанных деревьях событий возможность перехода ситуации от стадии к стадии показана с использованием соответствующих условных вероятностей.



Рис. 3. Дерево событий при возникновении и развитии пожароопасной ситуации, связанной с разгерметизацией оборудования

Перечень рассматриваемых пожароопасных ситуаций, а также сценариев их развития приведен в табл. 5, где $F_1 = 325 \text{ м}^2$ – площадь пролива жидкости в обваловании; $F_2 = 400 \text{ м}^2$ – площадь пролива жидкости в обваловании и части жидкости, перелившейся через обвалование; $F_3 = 301 \text{ м}^2$ – площадь пролива на свободной поверхности жидкости, вышедшей из трубопровода; $F_4 = 0,8 \text{ м}^2$ – площадь пролива на свободной поверхности жидкости, вышедшей при разгерметизации гибких соединений с диаметром отверстия 5 мм; $F_5 = 6,8 \text{ м}^2$ – площадь пролива на свободной поверхности жидкости, вышедшей при разгерметизации гибких соединений с диаметром отверстия 15 мм; $F_6 = 75,3 \text{ м}^2$ – площадь пролива на свободной поверхности жидкости, вышедшей при разрыве гибких соединений по полному сечению.

Табл. 5. Перечень пожароопасных ситуаций и сценариев их развития, связанных с разгерметизацией оборудования и образованием пролива легковоспламеняющейся жидкости

Наименование пожароопасной ситуации	Сценарий развития пожароопасной ситуации	Площадь пролива	№ сценария
Разгерметизация резервуара, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 25 мм	Пожар пролива ЛВЖ в обваловании	F_1	1
	Взрыв паровоздушного облака	F_1	2
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_1	3
Разгерметизация резервуара, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 100 мм	Пожар пролива ЛВЖ в обваловании	F_1	4
	Взрыв паровоздушного облака	F_1	5
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_1	6
Разгерметизация резервуара, характеризующаяся полным разрушением	Пожар пролива ЛВЖ в обваловании и за его пределами	F_2	7
	Взрыв паровоздушного облака	F_2	8
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_2	9
Разгерметизация трубопровода в пределах обвалования, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 12,5 мм	Пожар пролива ЛВЖ в обваловании	F_1	10
	Взрыв паровоздушного облака	F_1	11
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_1	12
Разгерметизация трубопровода в пределах обвалования, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 25 мм	Пожар пролива ЛВЖ в обваловании	F_1	13
	Взрыв паровоздушного облака	F_1	14
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_1	15
Разгерметизация трубопровода в пределах обвалования, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 50 мм	Пожар пролива ЛВЖ в обваловании	F_1	16
	Взрыв паровоздушного облака	F_1	17
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_1	18
Разгерметизация трубопровода в пределах обвалования, характеризующаяся разрывом по полному сечению	Пожар пролива ЛВЖ в обваловании	F_1	19
	Взрыв паровоздушного облака	F_1	20
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_1	21
Разгерметизация трубопровода за пределами обвалования, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 12,5 мм	Пожар пролива ЛВЖ на свободной поверхности	F_3	22
	Взрыв паровоздушного облака	F_3	23
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_3	24
Разгерметизация трубопровода за пределами обвалования, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 25 мм	Пожар пролива ЛВЖ на свободной поверхности	F_3	25
	Взрыв паровоздушного облака	F_3	26
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_3	27
Разгерметизация трубопровода за пределами обвалования, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 50 мм	Пожар пролива ЛВЖ на свободной поверхности	F_3	28
	Взрыв паровоздушного облака	F_3	29
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_3	30
Разгерметизация трубопровода за пределами обвалования, характеризующаяся разрывом по полному сечению	Пожар пролива ЛВЖ на свободной поверхности	F_3	31
	Взрыв паровоздушного облака	F_3	32
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_3	33

Наименование пожароопасной ситуации	Сценарий развития пожароопасной ситуации	Площадь пролива	№ сценария
Разгерметизация гибких соединений при проведении сливо-наливных операций на сливной площадке, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 5 мм	Пожар пролива ЛВЖ на свободной поверхности	F_4	34
	Взрыв паровоздушного облака	F_4	35
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_4	36
Разгерметизация гибких соединений при проведении сливо-наливных операций на сливной площадке, характеризующаяся диаметром отверстия истечения 15 мм	Пожар пролива ЛВЖ на свободной поверхности	F_5	37
	Взрыв паровоздушного облака	F_5	38
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_5	39
Разгерметизация гибких соединений при проведении сливо-наливных операций на сливной площадке, характеризующаяся разрывом по полному сечению	Пожар пролива ЛВЖ на свободной поверхности	F_6	40
	Взрыв паровоздушного облака	F_6	41
	Сгорание паровоздушного облака в режиме пожара-вспышки	F_6	42

3. Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций

3.1. Статистические данные, необходимые для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций

Данные по частотам реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий принимались в соответствии с прил. 1 [5].

Частота разгерметизации резервуара с диаметром отверстия истечения 25 мм:

$$Q_{\text{разгерм.рез.25}} = 8,8 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации резервуара с диаметром отверстия истечения 100 мм:

$$Q_{\text{разгерм.рез.100}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Частота полного разрушения резервуара:

$$Q_{\text{полн.разруш.рез.}} = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации трубопровода с диаметром отверстия истечения 12,5 мм:

$$Q_{\text{разгерм.труб.12,5}} = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации трубопровода с диаметром отверстия истечения 25 мм:

$$Q_{\text{разгерм.труб.25}} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}.$$

Частота разгерметизации трубопровода с диаметром отверстия истечения 50 мм:

$$Q_{\text{разгерм.труб.50}} = 4,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}.$$

Частота разрыва трубопровода по полному сечению:

$$Q_{\text{разгерм.труб.разрыв}} = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}.$$

Вероятность разгерметизации гибких соединений при проведении сливо-наливных операций на сливной площадке (на одну операцию) с диаметром отверстия истечения 5 мм:

$$Q_{\text{разгерм.гибк.5}} = 1,3 \cdot 10^{-5}.$$

Вероятность разгерметизации гибких соединений при проведении сливо-наливных операций на сливной площадке (на одну операцию) с диаметром отверстия истечения 15 мм:

$$Q_{\text{разгерм.гибк.15}} = 1,0 \cdot 10^{-6}.$$

Вероятность разрыва по полному сечению гибких соединений при проведении сливо-наливных операций на сливной площадке (на одну операцию):

$$Q_{\text{разгерм.гибк.разрыв}} = 4,0 \cdot 10^{-5}.$$

3.2. Расчет частоты реализации сценариев развития пожароопасных ситуаций

Условные вероятности мгновенного воспламенения $P_{\text{мгн.воспл.утеч.}}$, последующего воспламенения при отсутствии мгновенного $P_{\text{посл.воспл.утеч.}}$, а также сгорания с образованием избыточного давления $P_{\text{обр.изб.давл.}}$ при разгерметизации резервуаров и трубопроводов принимались по табл. П2.1 прил. 2 [5] в зависимости от массового расхода истечения жидкости из резервуара или трубопровода. Полученные условные вероятности приведены в табл. 6.

Табл. 6. Условные вероятности эскалации пожароопасных ситуаций

Иницирующее событие	$P_{\text{мгн.воспл.утеч.}}$	$P_{\text{посл.воспл.утеч.}}$	$P_{\text{обр.изб.давл.}}$
При разгерметизации резервуаров			
25 мм	0,035	0,036	0,24
100 мм	0,15	0,176	0,6
Полное разрушение	0,2	0,24	0,6
При разгерметизации трубопроводов			
12,5	0,005	0,005	0,08
25	0,035	0,036	0,24
50	0,035	0,036	0,24
Полное разрушение	0,2	0,24	0,6
При разгерметизации гибких соединений			
5 мм	0,005	0,005	0,08
15 мм	0,005	0,005	0,08
Полное разрушение	0,2	0,24	0,6

Частоты реализации сценариев развития рассматриваемых пожароопасных ситуаций определялись в соответствии с деревом событий (рис. 3) и условными вероятностями эскалации пожароопасных ситуаций (табл. 6).

Частоты реализации сценариев, связанных с разгерметизацией резервуаров, принимались с учетом возможности повреждения каждого из трех резервуаров.

Полученные величины приведены в таблице ниже.

Табл. 7. Частоты реализации сценариев развития рассматриваемых пожароопасных ситуаций

№ сценария	$Q, \text{год}^{-1}$
1	1,694E-05
2	3,522E-07
3	1,115E-06
4	9,924E-06
5	5,170E-07
6	3,447E-07
7	5,419E-06
8	2,765E-07
9	1,843E-07
10	7,710E-07
11	5,349E-09
12	6,151E-08
13	2,311E-06
14	4,802E-08
15	1,521E-07
16	9,050E-07
17	1,881E-08
18	5,956E-08
19	2,601E-06
20	1,327E-07
21	8,847E-08

№ сценария	$Q, \text{год}^{-1}$
22	3,084E-06
23	2,140E-08
24	2,461E-07
25	9,242E-06
26	1,921E-07
27	6,083E-07
28	3,620E-06
29	7,524E-08
30	2,383E-07
31	1,040E-05
32	5,308E-07
33	3,539E-07
34	2,315E-05
35	1,606E-07
36	1,847E-06
37	1,781E-06
38	1,235E-08
39	1,421E-07
40	2,804E-03
41	1,430E-04
42	9,535E-05

4. Построение полей опасных факторов пожара

Оценка опасных факторов пожара проводится с помощью методов, приведенных в прил. 4 [5].

При этом согласно п.16 методики [5] для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций учитываются следующие опасные факторы пожара:

- тепловое излучение при пожарах проливов;
- избыточное давление и импульс волны давления при сгорании паровоздушного облака в открытом пространстве;
- расширяющиеся продукты сгорания при реализации пожара-вспышки.

4.1. Количественная оценка массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в результате возникновения пожароопасных ситуаций

Количество поступившего в окружающее пространство горючего продукта (бензина) при реализации пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией резервуаров и трубопроводов рассматриваемого объекта, определялось исходя из следующих предпосылок.

1. Принималось, что разгерметизация трубопроводов парка (для всех типов утечек) и разгерметизация каждого из резервуаров (для всех типов утечек, кроме полного разрушения) приводит истечению всего содержимого в соответствующем резервуаре с образованием пролива, ограниченного обвалованием. При расчете количества испарившейся с поверхности пролива ЛВЖ для указанных пожароопасных ситуаций площадь поверхности испарения оценивалась площадью внутри обвалования и принималась равной 325 м².

2. Площадь пролива ЛВЖ в случае полного разрушения резервуара с переливом части жидкости через обвалование парка оценивалась в соответствии с п.5 прил.4 [6] и составила 400 м².

3. Принималось, что разгерметизация трубопроводов за пределами обвалования (для всех типов утечек) приводит истечению жидкости в течение 300 с на свободную поверхность. При этом площадь пролива с определенным запасом надежности принималась равной максимальной (301 м²) для всех типов утечек.

4. Площадь пролива при разгерметизации гибких соединений принималась из расчета длительности истечения 300 с.

5. Продолжительность испарения жидкости с поверхности пролива для всех пожароопасных ситуаций принималась 3600 с (п.6 прил.3 [5]).

Значения промежуточных величин, необходимых для расчета указанных параметров приведены в табл. 8.



Табл. 8. Значения промежуточных величин, необходимых для расчета опасных факторов пожара

№ сценария	1	2	3	4	5	6
Иницирующее событие	Разгерм.рез.25	Разгерм.рез.25	Разгерм.рез.25	Разгерм.рез.100	Разгерм.рез.100	Разгерм.рез.100
Итоговое событие	Горение	Взрыв	Вспышка	Горение	Взрыв	Вспышка
Диаметр отверстия, мм	25	25	25	100	100	100
Массовый расход, кг/с (П4.2)	2,4	2,4	2,4	37,6	37,6	37,6
$P_{\text{мгн.воспл.}}$	0,035	0,035	0,035	0,15	0,15	0,15
$P_{\text{посл.воспл.}}$	0,036	0,036	0,036	0,176	0,176	0,176
$P_{\text{обр.изб.давл.}}$		0,24	0,24		0,6	0,6
$Q, \text{год}^{-1}$	1,694E-05	3,522E-07	1,115E-06	9,924E-06	5,170E-07	3,447E-07
a/h_0 Доля перелившегося (рис.П4.3 прил.4, кривая 1) $V_{\text{перелива}}, \text{м}^3$ $F_{\text{перелива}}, \text{м}^2$ $X, \text{м}$						
Площадь очага пожара (площадь пролива), м^2	325	325	325	325	325	325
Давление насыщенного пара, кПа		40,2	40,2		40,2	40,2
Молярная масса жидкости, кг/кмоль		95,3	95,3		95,3	95,3
$W, \text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$		3,93E-04	3,93E-04		3,93E-04	3,93E-04
Масса паров жидкости, кг		459	459		459	459
<i>Тепловое излучение (расчет от границы пролива)</i>						
Эффективный диаметр пролива	20,3			20,3		
Скорость выгорания (табл.П4.4 прил.4)	0,06			0,06		
Плотность воздуха	1,14			1,14		
Плотность насыщенных паров при $t_{\text{кип.}}$ (стр.89)	3,196			3,196		
Параметр u^* (при 10 м/с)	6,44			6,44		
Высота пламени при штиле	28,2			28,2		
Параметр a при штиле	2,8			2,8		
Высота пламени при ветре 10 м/с	39,1			39,1		
Параметр a при ветре 10 м/с	3,844			3,844		
Угол отклонения пламени при ветре, рад	1,17			1,17		
Ef (табл.П4.4 прил.4)	47			47		
<i>Размеры взрывоопасных зон (расчет от границы пролива)</i>						
Плотность паров жидкости при расчетной температуре			3,732			3,732
$C_{\text{нкпр}}, \%$ об.			1,1			1,1
Размер взрывоопасной зоны			37			37
<i>Определение параметров волны давления (рачет от центра облака)</i>						
Скорость фронта пламени (для 1 класса)		700			700	
Скорость фронта пламени (для 2 класса)		500			500	
Скорость фронта пламени (для 3 класса)		300			300	
Скорость фронта пламени (для 4 класса)		200			200	
Скорость фронта пламени (для 5 класса)		119			119	
Скорость фронта пламени (для 6 класса)		72			72	
Принимаем скорость (табл.П4.3 прил.4)		119			119	
Параметр b (табл.П4.2 прил.4)		1			1	
$E_{\text{уд}}, \text{МДж/кг}$		44			44	
Величина энергозапаса, Дж		4,043E+10			4,043E+10	
Параметр W		0,301			0,301	



№ сценария	7	8	9	10	11	12
Иницирующее событие	Полн.разруш.рез.	Полн.разруш.рез.	Полн.разруш.рез.	Разгерм.труб.12,5	Разгерм.труб.12,5	Разгерм.труб.12,5
Итоговое событие	Горение	Взрыв	Вспышка	Горение	Взрыв	Вспышка
Диаметр отверстия, мм				12,5	12,5	12,5
Массовый расход, кг/с (П4.2)				0,6	0,6	0,6
$R_{\text{мгн.воспл.}}$	0,2	0,2	0,2	0,005	0,005	0,005
$R_{\text{посл.воспл.}}$	0,24	0,24	0,24	0,005	0,005	0,005
$R_{\text{обр.изб.давл.}}$		0,6	0,6		0,08	0,08
$Q, \text{год}^{-1}$	5,419E-06	2,765E-07	1,843E-07	7,710E-07	5,349E-09	6,151E-08
a/h_0	0,31	0,31	0,31			
Доля перелившегося (рис.П4.3 прил.4, кривая 1)	0,35	0,35	0,35			
$V_{\text{перелива}}, \text{м}^3$	26,25	26,25	26,25			
$F_{\text{перелива}}, \text{м}^2$	131,25	131,25	131,25			
$X, \text{м}$	1,6	1,6	1,6			
Площадь очага пожара (площадь пролива), м^2	456,25	456,25	456,25	325	325	325
Давление насыщенного пара, кПа		40,2	40,2		40,2	40,2
Молярная масса жидкости, кг/кмоль		95,3	95,3		95,3	95,3
$W, \text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$		3,93E-04	3,93E-04		3,93E-04	3,93E-04
Масса паров жидкости, кг		645	645		459	459
<i>Тепловое излучение (расчет от границы пролива)</i>						
Эффективный диаметр пролива	24,1			20,3		
Скорость выгорания (табл.П4.4 прил.4)	0,06			0,06		
Плотность воздуха	1,14			1,14		
Плотность насыщенных паров при $t_{\text{кип.}}$ (стр.89)	3,196			3,196		
Параметр u^* (при 10 м/с)	6,08			6,44		
Высота пламени при штиле	31,8			28,2		
Параметр a при штиле	2,6			2,8		
Высота пламени при ветре 10 м/с	43,3			39,1		
Параметр a при ветре 10 м/с	3,589			3,844		
Угол отклонения пламени при ветре, рад	1,15			1,17		
Ef (табл.П4.4 прил.4)	28			47		
<i>Размеры взрывоопасных зон (расчет от границы пролива)</i>						
Плотность паров жидкости при расчетной температуре			3,732			3,732
$C_{\text{нкпр}}, \% \text{об.}$			1,1			1,1
Размер взрывоопасной зоны			41			37
<i>Определение параметров волны давления (рачет от центра облака)</i>						
Скорость фронта пламени (для 1 класса)		700			700	
Скорость фронта пламени (для 2 класса)		500			500	
Скорость фронта пламени (для 3 класса)		300			300	
Скорость фронта пламени (для 4 класса)		200			200	
Скорость фронта пламени (для 5 класса)		126			119	
Скорость фронта пламени (для 6 класса)		76			72	
Принимаем скорость (табл.П4.3 прил.4)		126			119	
Параметр b (табл.П4.2 прил.4)		1			1	
$E_{\text{уд.}}, \text{МДж/кг}$		43,6			44	
Величина энергозапаса, Дж		5,624E+10			4,043E+10	
Параметр W		0,319			0,301	



№ сценария	13	14	15	16	17	18
Иницирующее событие	Разгерм.труб.25	Разгерм.труб.25	Разгерм.труб.25	Разгерм.труб.50	Разгерм.труб.50	Разгерм.труб.50
Итоговое событие	Горение	Взрыв	Вспышка	Горение	Взрыв	Вспышка
Диаметр отверстия, мм	25	25	25	50	50	50
Массовый расход, кг/с (П4.2)	2,4	2,4	2,4	9,4	9,4	9,4
$R_{\text{мгн.воспл.}}$	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
$R_{\text{посл.воспл.}}$	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
$R_{\text{обр.изб.давл.}}$		0,24	0,24		0,24	0,24
$Q, \text{год}^{-1}$	2,311E-06	4,802E-08	1,521E-07	9,050E-07	1,881E-08	5,956E-08
a/h_0 Доля перелившегося (рис.П4.3 прил.4, кривая 1) $V_{\text{перелива}}, \text{м}^3$ $F_{\text{перелива}}, \text{м}^2$ $X, \text{м}$						
Площадь очага пожара (площадь пролива), м^2	325	325	325	325	325	325
Давление насыщенного пара, кПа		40,2	40,2		40,2	40,2
Молярная масса жидкости, кг/кмоль		95,3	95,3		95,3	95,3
$W, \text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$		3,93E-04	3,93E-04		3,93E-04	3,93E-04
Масса паров жидкости, кг		459	459		459	459
<i>Тепловое излучение (расчет от границы пролива)</i>						
Эффективный диаметр пролива	20,3			20,3		
Скорость выгорания (табл.П4.4 прил.4)	0,06			0,06		
Плотность воздуха	1,14			1,14		
Плотность насыщенных паров при $t_{\text{кип.}}$ (стр.89)	3,196			3,196		
Параметр u^* (при 10 м/с)	6,44			6,44		
Высота пламени при штиле	28,2			28,2		
Параметр a при штиле	2,8			2,8		
Высота пламени при ветре 10 м/с	39,1			39,1		
Параметр a при ветре 10 м/с	3,844			3,844		
Угол отклонения пламени при ветре, рад	1,17			1,17		
E_f (табл.П4.4 прил.4)	47			47		
<i>Размеры взрывоопасных зон (расчет от границы пролива)</i>						
Плотность паров жидкости при расчетной температуре			3,732			3,732
$C_{\text{нкпр}}, \%$ об.			1,1			1,1
Размер взрывоопасной зоны			37			37
<i>Определение параметров волны давления (рачет от центра облака)</i>						
Скорость фронта пламени (для 1 класса)		700			700	
Скорость фронта пламени (для 2 класса)		500			500	
Скорость фронта пламени (для 3 класса)		300			300	
Скорость фронта пламени (для 4 класса)		200			200	
Скорость фронта пламени (для 5 класса)		119			119	
Скорость фронта пламени (для 6 класса)		72			72	
Принимаем скорость (табл.П4.3 прил.4)		119			119	
Параметр b (табл.П4.2 прил.4)		1			1	
$E_{\text{уд.}}, \text{МДж/кг}$		44			44	
Величина энергозапаса, Дж		4,043E+10			4,043E+10	
Параметр W		0,301			0,301	



№ сценария	19	20	21	22	23	24
Иницирующее событие	Разгерм.труб.разрыв	Разгерм.труб.разрыв	Разгерм.труб.разрыв	Разгерм.труб.12,5	Разгерм.труб.12,5	Разгерм.труб.12,5
Итоговое событие	Горение	Взрыв	Вспышка	Горение	Взрыв	Вспышка
Диаметр отверстия, мм				12,5	12,5	12,5
Массовый расход, кг/с (П4.2)				0,6	0,6	0,6
$R_{\text{мгн.воспл.}}$	0,2	0,2	0,2	0,005	0,005	0,005
$R_{\text{посл.воспл.}}$	0,24	0,24	0,24	0,005	0,005	0,005
$R_{\text{обр.изб.давл.}}$		0,6	0,6		0,08	0,08
$Q, \text{год}^{-1}$	2,601E-06	1,327E-07	8,847E-08	3,084E-06	2,140E-08	2,461E-07
a/h_0						
Доля перелившегося (рис.П4.3 прил.4, кривая 1)						
$V_{\text{перелива}}, \text{м}^3$						
$F_{\text{перелива}}, \text{м}^2$						
$X, \text{м}$						
Площадь очага пожара (площадь пролива), м^2	325	325	325	301	301	301
Давление насыщенного пара, кПа		40,2	40,2		40,2	40,2
Молярная масса жидкости, кг/кмоль		95,3	95,3		95,3	95,3
$W, \text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$		3,93E-04	3,93E-04		3,93E-04	3,93E-04
Масса паров жидкости, кг		459	459		425	425
<i>Тепловое излучение (расчет от границы пролива)</i>						
Эффективный диаметр пролива	20,3			19,6		
Скорость выгорания (табл.П4.4 прил.4)	0,06			0,06		
Плотность воздуха	1,14			1,14		
Плотность насыщенных паров при $t_{\text{кип.}}$ (стр.89)	3,196			3,196		
Параметр u^* (при 10 м/с)	6,44			6,52		
Высота пламени при штиле	28,2			27,5		
Параметр a при штиле	2,8			2,8		
Высота пламени при ветре 10 м/с	39,1			38,2		
Параметр a при ветре 10 м/с	3,844			3,904		
Угол отклонения пламени при ветре, рад	1,17			1,17		
Ef (табл.П4.4 прил.4)	47			28		
<i>Размеры взрывоопасных зон (расчет от границы пролива)</i>						
Плотность паров жидкости при расчетной температуре			3,732			3,732
$C_{\text{нкпр}}, \text{‰об.}$			1,1			1,1
Размер взрывоопасной зоны			37			36
<i>Определение параметров волны давления (рачет от центра облака)</i>						
Скорость фронта пламени (для 1 класса)		700			700	
Скорость фронта пламени (для 2 класса)		500			500	
Скорость фронта пламени (для 3 класса)		300			300	
Скорость фронта пламени (для 4 класса)		200			200	
Скорость фронта пламени (для 5 класса)		119			118	
Скорость фронта пламени (для 6 класса)		72			71	
Принимаем скорость (табл.П4.3 прил.4)		119			118	
Параметр b (табл.П4.2 прил.4)		1			1	
$E_{\text{уд.}}, \text{МДж/кг}$		44			44	
Величина энергозапаса, Дж		4,043E+10			3,744E+10	
Параметр W		0,301			0,297	



№ сценария	25	26	27	28	29	30
Иницирующее событие	Разгерм.труб.25	Разгерм.труб.25	Разгерм.труб.25	Разгерм.труб.50	Разгерм.труб.50	Разгерм.труб.50
Итоговое событие	Горение	Взрыв	Вспышка	Горение	Взрыв	Вспышка
Диаметр отверстия, мм	25	25	25	50	50	50
Массовый расход, кг/с (П4.2)	2,4	2,4	2,4	9,4	9,4	9,4
$R_{\text{мгн.воспл.}}$	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
$R_{\text{посл.воспл.}}$	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
$R_{\text{обр.изб.давл.}}$		0,24	0,24		0,24	0,24
$Q, \text{год}^{-1}$	9,242E-06	1,921E-07	6,083E-07	3,620E-06	7,524E-08	2,383E-07
a/h_0 Доля перелившегося (рис.П4.3 прил.4, кривая 1) $V_{\text{перелива}}, \text{м}^3$ $F_{\text{перелива}}, \text{м}^2$ $X, \text{м}$						
Площадь очага пожара (площадь пролива), м^2	301	301	301	301	301	301
Давление насыщенного пара, кПа		40,2	40,2		40,2	40,2
Молярная масса жидкости, кг/кмоль		95,3	95,3		95,3	95,3
$W, \text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$		3,93E-04	3,93E-04		3,93E-04	3,93E-04
Масса паров жидкости, кг		425	425		425	425
<i>Тепловое излучение (расчет от границы пролива)</i>						
Эффективный диаметр пролива	19,6			19,6		
Скорость выгорания (табл.П4.4 прил.4)	0,06			0,06		
Плотность воздуха	1,14			1,14		
Плотность насыщенных паров при $t_{\text{кип.}}$ (стр.89)	3,196			3,196		
Параметр u^* (при 10 м/с)	6,52			6,52		
Высота пламени при штиле	27,5			27,5		
Параметр a при штиле	2,8			2,8		
Высота пламени при ветре 10 м/с	38,2			38,2		
Параметр a при ветре 10 м/с	3,904			3,904		
Угол отклонения пламени при ветре, рад	1,17			1,17		
Ef (табл.П4.4 прил.4)	28			28		
<i>Размеры взрывоопасных зон (расчет от границы пролива)</i>						
Плотность паров жидкости при расчетной температуре			3,732			3,732
$C_{\text{нкпр}}, \% \text{об.}$			1,1			1,1
Размер взрывоопасной зоны			36			36
<i>Определение параметров волны давления (рачет от центра облака)</i>						
Скорость фронта пламени (для 1 класса)		700			700	
Скорость фронта пламени (для 2 класса)		500			500	
Скорость фронта пламени (для 3 класса)		300			300	
Скорость фронта пламени (для 4 класса)		200			200	
Скорость фронта пламени (для 5 класса)		118			118	
Скорость фронта пламени (для 6 класса)		71			71	
Принимаем скорость (табл.П4.3 прил.4)		118			118	
Параметр b (табл.П4.2 прил.4)		1			1	
$E_{\text{уд}}, \text{МДж/кг}$		44			44	
Величина энергозапаса, Дж		3,744E+10			3,744E+10	
Параметр W		0,297			0,297	



№ сценария	31	32	33	34	35	36
Иницирующее событие	Разгерм.труб.разрыв	Разгерм.труб.разрыв	Разгерм.труб.разрыв	Разгерм.гибк.5	Разгерм.гибк.5	Разгерм.гибк.5
Итоговое событие	Горение	Взрыв	Вспышка	Горение	Взрыв	Вспышка
Диаметр отверстия, мм	100	100	100	5	5	5
Массовый расход, кг/с (П4.2)	37,6	37,6	37,6	0,1	0,1	0,1
$R_{\text{мгн.воспл.}}$	0,2	0,2	0,2	0,005	0,005	0,005
$R_{\text{посл.воспл.}}$	0,24	0,24	0,24	0,005	0,005	0,005
$R_{\text{обр.изб.давл.}}$		0,6	0,6		0,08	0,08
$Q, \text{год}^{-1}$	1,040E-05	5,308E-07	3,539E-07	2,315E-05	1,606E-07	1,847E-06
a/h_0 Доля перелившегося (рис.П4.3 прил.4, кривая 1) $V_{\text{перелива}}, \text{м}^3$ $F_{\text{перелива}}, \text{м}^2$ $X, \text{м}$						
Площадь очага пожара (площадь пролива), м^2	301	301	301	0,8	0,8	0,8
Давление насыщенного пара, кПа Молярная масса жидкости, кг/кмоль $W, \text{кг}/(\text{м}^2\text{с})$ Масса паров жидкости, кг		40,2 95,3 3,93E-04 426	40,2 95,3 3,93E-04 426		40,2 95,3 3,93E-04 1,1	40,2 95,3 3,93E-04 1,1
<i>Тепловое излучение (расчет от границы пролива)</i> Эффективный диаметр пролива Скорость выгорания (табл.П4.4 прил.4) Плотность воздуха Плотность насыщенных паров при $t_{\text{кип.}}$ (стр.89) Параметр u^* (при 10 м/с) Высота пламени при штиле Параметр a при штиле Высота пламени при ветре 10 м/с Параметр a при ветре 10 м/с Угол отклонения пламени при ветре, рад Ef (табл.П4.4 прил.4)	19,6 0,06 1,14 3,196 6,52 27,5 2,8 38,2 3,904 1,17 28			1,0 0,06 1,14 3,196 17,70 3,4 7,0 6,4 13,136 1,33 60		
<i>Размеры взрывоопасных зон (расчет от границы пролива)</i> Плотность паров жидкости при расчетной температуре $C_{\text{нкпр}}, \% \text{об.}$ Размер взрывоопасной зоны			3,732 1,1 36			3,732 1,1 5
<i>Определение параметров волны давления (рачет от центра облака)</i> Скорость фронта пламени (для 1 класса) Скорость фронта пламени (для 2 класса) Скорость фронта пламени (для 3 класса) Скорость фронта пламени (для 4 класса) Скорость фронта пламени (для 5 класса) Скорость фронта пламени (для 6 класса) Принимаем скорость (табл.П4.3 прил.4) Параметр b (табл.П4.2 прил.4) Еуд., МДж/кг Величина энергозапаса, Дж Параметр W		700 500 300 200 118 71 118 1 44 3,745E+10 0,297			700 500 300 200 43 26 43 1 44 9,361E+07 0,110	



№ сценария	37	38	39	40	41	42
Иницирующее событие	Разгерм.гибк.15	Разгерм.гибк.15	Разгерм.гибк.15	Разгерм.гибк.разрыв	Разгерм.гибк.разрыв	Разгерм.гибк.разрыв
Итоговое событие	Горение	Взрыв	Вспышка	Горение	Взрыв	Вспышка
Диаметр отверстия, мм	15	15	15	50	50	50
Массовый расход, кг/с (П4.2)	0,8	0,8	0,8	9,4	9,4	9,4
$R_{\text{мгн.воспл.}}$	0,005	0,005	0,005	0,2	0,2	0,2
$R_{\text{посл.воспл.}}$	0,005	0,005	0,005	0,24	0,24	0,24
$R_{\text{обр.изб.давл.}}$		0,08	0,08		0,6	0,6
$Q, \text{ год}^{-1}$	1,781E-06	1,235E-08	1,421E-07	2,804E-03	1,430E-04	9,535E-05
a/h_0						
Доля перелившегося (рис.П4.3 прил.4, кривая 1)						
$V_{\text{перелива}}, \text{ м}^3$						
$F_{\text{перелива}}, \text{ м}^2$						
$X, \text{ м}$						
Площадь очага пожара (площадь пролива), м^2	6,8	6,8	6,8	75,3	75,3	75,3
Давление насыщенного пара, кПа		40,2	40,2		40,2	40,2
Молярная масса жидкости, кг/кмоль		95,3	95,3		95,3	95,3
$W, \text{ кг}/(\text{ м}^2\text{ с})$		3,93E-04	3,93E-04		3,93E-04	3,93E-04
Масса паров жидкости, кг		9,6	9,6		106	106
<i>Тепловое излучение (расчет от границы пролива)</i>						
Эффективный диаметр пролива	2,9			9,8		
Скорость выгорания (табл.П4.4 прил.4)	0,06			0,06		
Плотность воздуха	1,14			1,14		
Плотность насыщенных паров при $t_{\text{кип.}}$ (стр.89)	3,196			3,196		
Параметр u^* (при 10 м/с)	12,27			8,22		
Высота пламени при штиле	7,4			17,0		
Параметр a при штиле	5,0			3,5		
Высота пламени при ветре 10 м/с	12,4			25,3		
Параметр a при ветре 10 м/с	8,418			5,170		
Угол отклонения пламени при ветре, рад	1,28			1,21		
Ef (табл.П4.4 прил.4)	60			60		
<i>Размеры взрывоопасных зон (расчет от границы пролива)</i>						
Плотность паров жидкости при расчетной температуре			3,732			3,732
$C_{\text{нкпр}}, \% \text{ об.}$			1,1			1,1
Размер взрывоопасной зоны			10			23
<i>Определение параметров волны давления (рачет от центра облака)</i>						
Скорость фронта пламени (для 1 класса)		700			700	
Скорость фронта пламени (для 2 класса)		500			500	
Скорость фронта пламени (для 3 класса)		300			300	
Скорость фронта пламени (для 4 класса)		200			200	
Скорость фронта пламени (для 5 класса)		63			94	
Скорость фронта пламени (для 6 класса)		38			57	
Принимаем скорость (табл.П4.3 прил.4)		63			94	
Параметр b (табл.П4.2 прил.4)		1			1	
$E_{\text{уд.}}, \text{ МДж/кг}$		44			44	
Величина энергозапаса, Дж		8,425E+08			9,361E+09	
Параметр W		0,158			0,236	

4.2. Расчет интенсивности теплового излучения рассматриваемых пожаров

Интенсивность теплового излучения пожаров для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций, связанных с возникновением пожаров пролива нефти и пожаров резервуаров хранения нефти по всей поверхности, рассчитывалась по методу, приведенному в разд. VI прил. 3 [5]. Данный метод позволяет рассчитывать интенсивность теплового излучения пожара пролива заданного горючего продукта с очагом (проливом) заданной площади на различных расстояниях от очага пожара. Расчет необходимых промежуточных значений приведен в табл. 9 – табл. 29.

Были получены зависимости интенсивности теплового излучения пожаров для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций от расстояний до очага пожара.

Графики указанных зависимостей в случае штиля и при ветре в направлении облучаемого объекта 10 м/с приведены на рис. 4, рис. 5 соответственно.

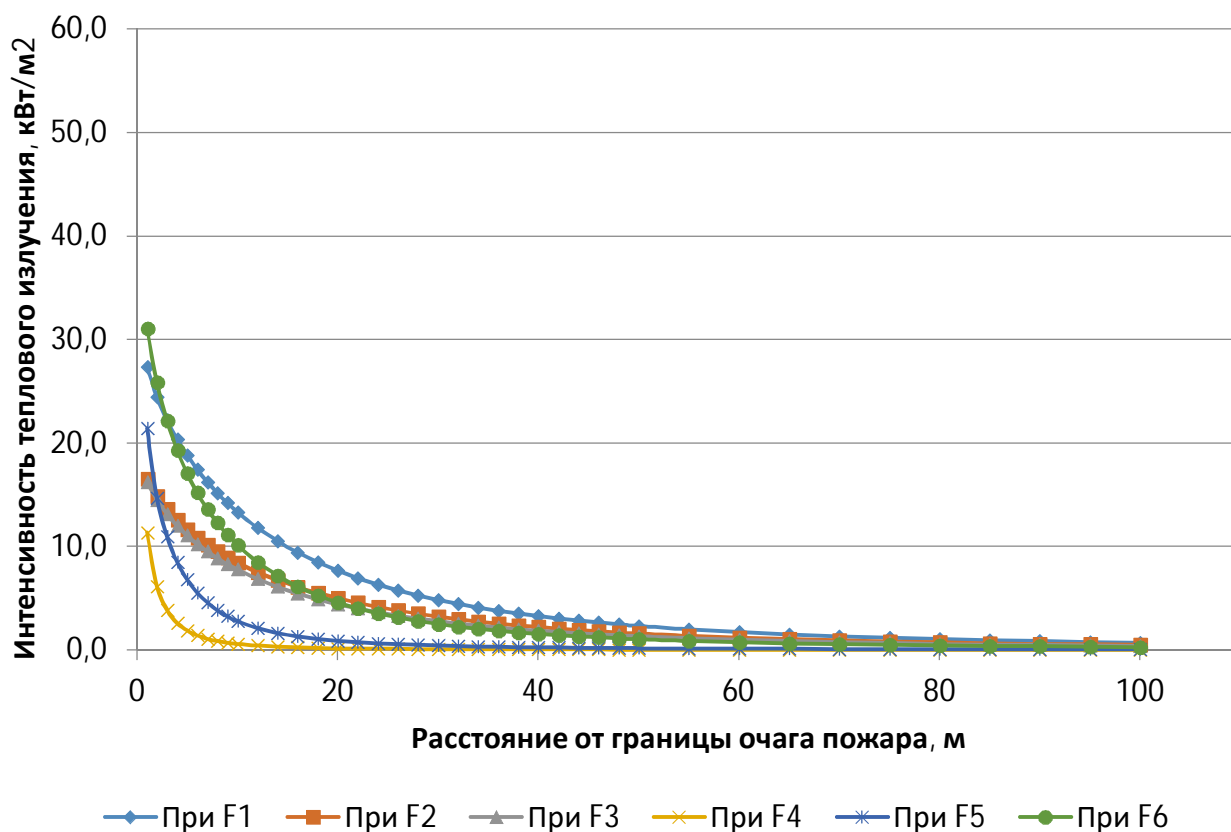


Рис. 4. Зависимости интенсивности теплового излучения пожара пролива бензина от расстояния до очага пожара в условиях штиля

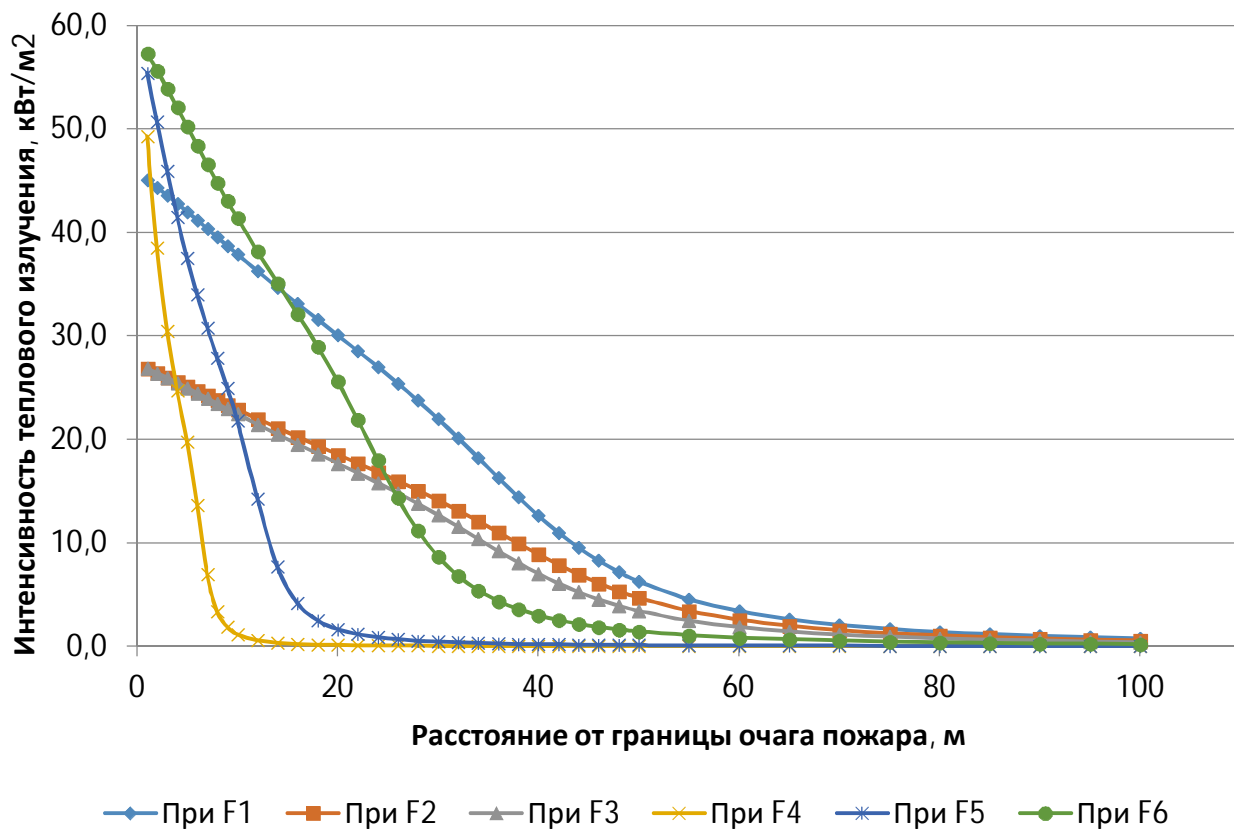


Рис. 5. Зависимости интенсивности теплового излучения пожара пролива бензина от расстояния до очага пожара при скорости ветра в направлении облучаемого объекта 10 м/с

Табл. 9. Расчет расстояния от геометрического центра пролива

Расстояние от края пролива	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
1	11,2	13,1	10,8	1,5	2,5	5,9
2	12,2	14,1	11,8	2,5	3,5	6,9
3	13,2	15,1	12,8	3,5	4,5	7,9
4	14,2	16,1	13,8	4,5	5,5	8,9
5	15,2	17,1	14,8	5,5	6,5	9,9
6	16,2	18,1	15,8	6,5	7,5	10,9
7	17,2	19,1	16,8	7,5	8,5	11,9
8	18,2	20,1	17,8	8,5	9,5	12,9
9	19,2	21,1	18,8	9,5	10,5	13,9
10	20,2	22,1	19,8	10,5	11,5	14,9
12	22,2	24,1	21,8	12,5	13,5	16,9
14	24,2	26,1	23,8	14,5	15,5	18,9
16	26,2	28,1	25,8	16,5	17,5	20,9
18	28,2	30,1	27,8	18,5	19,5	22,9
20	30,2	32,1	29,8	20,5	21,5	24,9
22	32,2	34,1	31,8	22,5	23,5	26,9
24	34,2	36,1	33,8	24,5	25,5	28,9
26	36,2	38,1	35,8	26,5	27,5	30,9
28	38,2	40,1	37,8	28,5	29,5	32,9
30	40,2	42,1	39,8	30,5	31,5	34,9
32	42,2	44,1	41,8	32,5	33,5	36,9
34	44,2	46,1	43,8	34,5	35,5	38,9
36	46,2	48,1	45,8	36,5	37,5	40,9
38	48,2	50,1	47,8	38,5	39,5	42,9
40	50,2	52,1	49,8	40,5	41,5	44,9
42	52,2	54,1	51,8	42,5	43,5	46,9
44	54,2	56,1	53,8	44,5	45,5	48,9
46	56,2	58,1	55,8	46,5	47,5	50,9
48	58,2	60,1	57,8	48,5	49,5	52,9
50	60,2	62,1	59,8	50,5	51,5	54,9
55	65,2	67,1	64,8	55,5	56,5	59,9
60	70,2	72,1	69,8	60,5	61,5	64,9
65	75,2	77,1	74,8	65,5	66,5	69,9
70	80,2	82,1	79,8	70,5	71,5	74,9
75	85,2	87,1	84,8	75,5	76,5	79,9
80	90,2	92,1	89,8	80,5	81,5	84,9
85	95,2	97,1	94,8	85,5	86,5	89,9
90	100,2	102,1	99,8	90,5	91,5	94,9
95	105,2	107,1	104,8	95,5	96,5	99,9
100	110,2	112,1	109,8	100,5	101,5	104,9

Табл. 10. Расчет параметра b

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	1,10	1,08	1,10	3,04	1,68	1,20
2	1,20	1,17	1,20	5,09	2,36	1,41
3	1,29	1,25	1,31	7,13	3,04	1,61
4	1,39	1,33	1,41	9,17	3,72	1,82
5	1,49	1,41	1,51	11,22	4,41	2,02
6	1,59	1,50	1,61	13,26	5,09	2,23
7	1,69	1,58	1,72	15,30	5,77	2,43
8	1,79	1,66	1,82	17,34	6,45	2,63
9	1,88	1,75	1,92	19,39	7,13	2,84
10	1,98	1,83	2,02	21,43	7,81	3,04
12	2,18	2,00	2,23	25,52	9,17	3,45
14	2,38	2,16	2,43	29,60	10,53	3,86
16	2,57	2,33	2,63	33,69	11,90	4,27
18	2,77	2,49	2,84	37,78	13,26	4,68
20	2,97	2,66	3,04	41,86	14,62	5,09
22	3,16	2,83	3,25	45,95	15,98	5,49
24	3,36	2,99	3,45	50,03	17,34	5,90
26	3,56	3,16	3,66	54,12	18,71	6,31
28	3,75	3,32	3,86	58,21	20,07	6,72
30	3,95	3,49	4,06	62,29	21,43	7,13
32	4,15	3,66	4,27	66,38	22,79	7,54
34	4,34	3,82	4,47	70,47	24,16	7,95
36	4,54	3,99	4,68	74,55	25,52	8,36
38	4,74	4,15	4,88	78,64	26,88	8,76
40	4,93	4,32	5,09	82,72	28,24	9,17
42	5,13	4,49	5,29	86,81	29,60	9,58
44	5,33	4,65	5,50	90,90	30,97	9,99
46	5,52	4,82	5,70	94,98	32,33	10,40
48	5,72	4,98	5,90	99,07	33,69	10,81
50	5,92	5,15	6,11	103,16	35,05	11,22
55	6,41	5,56	6,62	113,37	38,46	12,24
60	6,90	5,98	7,13	123,59	41,86	13,26
65	7,39	6,39	7,64	133,80	45,27	14,28
70	7,88	6,81	8,15	144,02	48,67	15,30
75	8,37	7,22	8,66	154,23	52,08	16,32
80	8,87	7,64	9,17	164,45	55,48	17,34
85	9,36	8,05	9,68	174,67	58,89	18,37
90	9,85	8,47	10,19	184,88	62,29	19,39
95	10,34	8,88	10,71	195,10	65,70	20,41
100	10,83	9,30	11,22	205,31	69,10	21,43

Табл. 11. Расчет параметра А при штиле

Расстояние от края пролива	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
1	3,480	5,064	3,509	8,088	5,682	4,111
2	3,540	5,206	3,571	9,279	6,034	4,224
3	3,602	5,350	3,635	10,731	6,438	4,344
4	3,666	5,495	3,700	12,351	6,886	4,470
5	3,730	5,641	3,768	14,081	7,370	4,601
6	3,797	5,789	3,836	15,886	7,883	4,738
7	3,865	5,937	3,907	17,743	8,420	4,880
8	3,934	6,086	3,978	19,637	8,977	5,025
9	4,004	6,236	4,051	21,558	9,549	5,175
10	4,075	6,387	4,126	23,499	10,135	5,328
12	4,221	6,538	4,278	27,427	11,339	5,645
14	4,371	6,690	4,434	31,395	12,576	5,972
16	4,525	7,074	4,594	35,390	13,836	6,309
18	4,682	7,460	4,757	39,404	15,113	6,654
20	4,842	7,850	4,923	43,431	16,405	7,006
22	5,004	8,242	5,092	47,468	17,706	7,364
24	5,169	8,636	5,264	51,513	19,017	7,727
26	5,336	9,032	5,438	55,564	20,334	8,094
28	5,504	9,429	5,614	59,620	21,657	8,465
30	5,675	9,828	5,792	63,680	22,984	8,839
32	5,847	10,229	5,971	67,743	24,315	9,216
34	6,021	10,630	6,152	71,809	25,649	9,596
36	6,196	5,064	6,335	75,876	26,987	9,978
38	6,373	5,206	6,519	79,946	28,326	10,362
40	6,550	5,350	6,703	84,017	29,668	10,748
42	6,729	5,495	6,890	88,090	31,011	11,136
44	6,908	5,641	7,077	92,164	32,356	11,525
46	7,089	5,789	7,265	96,239	33,702	11,915
48	7,270	5,937	7,453	100,315	35,050	12,306
50	7,452	6,086	7,643	104,391	36,398	12,699
55	7,911	6,236	8,120	114,586	39,774	13,685
60	8,373	6,387	8,601	124,784	43,154	14,675
65	8,838	6,538	9,086	134,985	46,538	15,669
70	9,306	6,690	9,573	145,187	49,925	16,667
75	9,776	7,074	10,062	155,392	53,314	17,668
80	10,249	7,460	10,554	165,598	56,705	18,670
85	10,723	7,850	11,047	175,805	60,098	19,675
90	11,198	8,242	11,542	186,013	63,492	20,681
95	11,675	8,636	12,038	196,221	66,887	21,689
100	12,153	9,032	12,535	206,431	70,283	22,698

Табл. 12. Расчет параметра А при ветре 10 м/с в направлении облучаемого объекта

Расстояние от края пролива	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
1	2,086	1,885	2,135	9,258	5,898	3,198
2	2,020	1,833	2,065	7,367	5,284	3,031
3	1,956	1,784	1,998	5,584	4,687	2,869
4	1,896	1,737	1,934	4,054	4,118	2,714
5	1,838	1,693	1,873	3,169	3,587	2,564
6	1,785	1,652	1,816	3,464	3,115	2,423
7	1,735	1,615	1,763	4,722	2,732	2,292
8	1,689	1,580	1,714	6,399	2,481	2,172
9	1,648	1,550	1,670	8,243	2,404	2,065
10	1,612	1,523	1,632	10,163	2,515	1,974
12	1,556	1,483	1,572	14,108	3,194	1,846
14	1,523	1,460	1,537	18,116	4,218	1,804
16	1,515	1,456	1,529	22,152	5,394	1,853
18	1,533	1,470	1,549	26,204	6,641	1,987
20	1,576	1,503	1,594	30,265	7,926	2,189
22	1,641	1,554	1,663	34,332	9,233	2,444
24	1,726	1,619	1,754	38,403	10,554	2,737
26	1,828	1,699	1,863	42,477	11,885	3,056
28	1,945	1,790	1,986	46,553	13,221	3,395
30	2,074	1,891	2,123	50,631	14,563	3,747
32	2,213	2,002	2,269	54,710	15,908	4,110
34	2,360	2,119	2,424	58,790	17,256	4,481
36	2,514	2,243	2,586	62,871	18,605	4,858
38	2,674	2,371	2,753	66,952	19,957	5,239
40	2,838	2,504	2,925	71,034	21,310	5,625
42	3,006	2,641	3,101	75,117	22,664	6,013
44	3,177	2,781	3,281	79,200	24,018	6,404
46	3,352	2,924	3,463	83,283	25,374	6,797
48	3,528	3,069	3,647	87,366	26,730	7,192
50	3,707	3,216	3,834	91,450	28,087	7,588
55	4,160	3,591	4,307	101,660	31,481	8,584
60	4,621	3,974	4,788	111,872	34,877	9,585
65	5,088	4,363	5,274	122,084	38,275	10,590
70	5,560	4,756	5,765	132,296	41,674	11,598
75	6,034	5,152	6,259	142,509	45,074	12,608
80	6,511	5,552	6,756	152,722	48,475	13,620
85	6,990	5,953	7,254	162,936	51,876	14,633
90	7,471	6,356	7,754	173,150	55,278	15,648
95	7,953	6,761	8,256	183,364	58,680	16,663
100	8,436	7,166	8,758	193,578	62,083	17,679

Табл. 13. Расчет параметра В при штиле

Расстояние от края пролива	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
1	2,778	2,638	2,811	7,296	5,056	3,476
2	2,783	2,642	2,817	8,109	5,192	3,494
3	2,792	2,648	2,826	9,308	5,411	3,524
4	2,804	2,657	2,839	10,763	5,703	3,565
5	2,820	2,669	2,855	12,386	6,058	3,618
6	2,838	2,683	2,875	14,119	6,465	3,681
7	2,860	2,700	2,899	15,925	6,916	3,754
8	2,886	2,719	2,926	17,783	7,402	3,836
9	2,914	2,740	2,956	19,677	7,916	3,927
10	2,945	2,764	2,989	21,599	8,455	4,027
12	3,017	2,818	3,065	25,498	9,586	4,249
14	3,099	2,881	3,152	29,449	10,771	4,497
16	3,191	2,952	3,250	33,432	11,993	4,768
18	3,292	3,030	3,357	37,437	13,243	5,057
20	3,402	3,115	3,474	41,458	14,513	5,361
22	3,520	3,207	3,598	45,491	15,798	5,679
24	3,644	3,304	3,729	49,533	17,096	6,007
26	3,774	3,407	3,866	53,581	18,402	6,345
28	3,910	3,514	4,009	57,635	19,716	6,691
30	4,051	3,626	4,157	61,693	21,037	7,044
32	4,196	3,742	4,310	65,754	22,362	7,402
34	4,345	3,861	4,467	69,818	23,691	7,765
36	4,498	3,984	4,628	73,885	25,024	8,133
38	4,655	4,110	4,792	77,954	26,360	8,504
40	4,814	4,239	4,959	82,024	27,698	8,879
42	4,976	4,370	5,129	86,096	29,039	9,256
44	5,140	4,504	5,301	90,170	30,382	9,636
46	5,307	4,639	5,475	94,244	31,726	10,019
48	5,475	4,777	5,651	98,320	33,072	10,403
50	5,646	4,916	5,830	102,396	34,419	10,789
55	6,079	5,271	6,282	112,590	37,791	11,761
60	6,520	5,634	6,743	122,787	41,168	12,740
65	6,968	6,004	7,210	132,987	44,550	13,726
70	7,421	6,379	7,683	143,190	47,935	14,717
75	7,879	6,759	8,161	153,394	51,323	15,711
80	8,341	7,143	8,642	163,600	54,713	16,709
85	8,806	7,530	9,127	173,806	58,105	17,710
90	9,274	7,920	9,614	184,014	61,498	18,713
95	9,744	8,312	10,104	194,223	64,892	19,717
100	10,216	8,707	10,595	204,432	68,288	20,724

Табл. 14. Расчет параметра V при ветре 10 м/с в направлении облучаемого объекта

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	3,754	3,513	3,811	11,162	7,768	4,979
2	3,664	3,438	3,717	9,218	7,123	4,789
3	3,575	3,363	3,624	7,328	6,486	4,600
4	3,486	3,288	3,532	5,548	5,859	4,413
5	3,398	3,214	3,440	4,027	5,245	4,227
6	3,310	3,140	3,349	3,162	4,651	4,043
7	3,223	3,067	3,258	3,482	4,083	3,862
8	3,137	2,994	3,168	4,754	3,555	3,682
9	3,051	2,922	3,079	6,437	3,087	3,505
10	2,966	2,850	2,991	8,283	2,712	3,332
12	2,799	2,709	2,817	12,166	2,405	2,996
14	2,635	2,570	2,648	16,149	2,815	2,681
16	2,477	2,435	2,484	20,174	3,712	2,395
18	2,325	2,304	2,326	24,219	4,831	2,148
20	2,179	2,178	2,177	28,276	6,050	1,956
22	2,043	2,058	2,036	32,341	7,321	1,837
24	1,916	1,944	1,907	36,410	8,619	1,804
26	1,803	1,838	1,793	40,483	9,934	1,863
28	1,704	1,742	1,695	44,558	11,261	2,005
30	1,623	1,656	1,617	48,635	12,595	2,214
32	1,564	1,584	1,563	52,713	13,934	2,474
34	1,527	1,526	1,533	56,793	15,278	2,770
36	1,515	1,484	1,531	60,873	16,624	3,091
38	1,528	1,461	1,556	64,954	17,973	3,431
40	1,567	1,455	1,607	69,036	19,324	3,785
42	1,628	1,469	1,681	73,119	20,676	4,149
44	1,710	1,501	1,775	77,201	22,029	4,520
46	1,810	1,551	1,888	81,284	23,384	4,898
48	1,924	1,616	2,014	85,368	24,739	5,280
50	2,051	1,694	2,153	89,451	26,095	5,666
55	2,410	1,940	2,538	99,661	29,487	6,642
60	2,810	2,236	2,962	109,872	32,882	7,630
65	3,234	2,565	3,410	120,084	36,279	8,626
70	3,676	2,917	3,873	130,297	39,678	9,628
75	4,129	3,283	4,347	140,510	43,077	10,633
80	4,590	3,659	4,829	150,723	46,477	11,641
85	5,056	4,043	5,316	160,936	49,878	12,651
90	5,527	4,433	5,807	171,150	53,280	13,663
95	6,002	4,827	6,301	181,364	56,682	14,676
100	6,478	5,224	6,798	191,578	60,084	15,690

Табл. 15. Расчет параметра C при штиле

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	1,098	1,083	1,102	3,043	1,681	1,204
2	1,197	1,166	1,204	5,086	2,362	1,409
3	1,295	1,249	1,306	7,129	3,043	1,613
4	1,393	1,332	1,409	9,172	3,724	1,817
5	1,492	1,415	1,511	11,216	4,405	2,022
6	1,590	1,498	1,613	13,259	5,086	2,226
7	1,688	1,581	1,715	15,302	5,767	2,430
8	1,787	1,664	1,817	17,345	6,448	2,634
9	1,885	1,747	1,919	19,388	7,129	2,839
10	1,983	1,830	2,022	21,431	7,810	3,043
12	2,180	1,996	2,226	25,517	9,172	3,452
14	2,376	2,162	2,430	29,604	10,535	3,860
16	2,573	2,328	2,635	33,690	11,897	4,269
18	2,770	2,494	2,839	37,776	13,259	4,678
20	2,966	2,660	3,043	41,862	14,621	5,086
22	3,163	2,826	3,248	45,949	15,983	5,495
24	3,360	2,992	3,452	50,035	17,345	5,903
26	3,556	3,157	3,656	54,121	18,707	6,312
28	3,753	3,323	3,861	58,207	20,069	6,721
30	3,950	3,489	4,065	62,294	21,431	7,129
32	4,146	3,655	4,269	66,380	22,793	7,538
34	4,343	3,821	4,474	70,466	24,155	7,947
36	4,539	3,987	4,678	74,552	25,517	8,355
38	4,736	4,153	4,882	78,639	26,880	8,764
40	4,933	4,319	5,087	82,725	28,242	9,172
42	5,129	4,485	5,291	86,811	29,604	9,581
44	5,326	4,651	5,495	90,897	30,966	9,990
46	5,523	4,817	5,699	94,983	32,328	10,398
48	5,719	4,983	5,904	99,070	33,690	10,807
50	5,916	5,149	6,108	103,156	35,052	11,216
55	6,407	5,564	6,619	113,372	38,457	12,237
60	6,899	5,979	7,130	123,587	41,862	13,259
65	7,391	6,394	7,641	133,803	45,268	14,280
70	7,882	6,809	8,151	144,018	48,673	15,302
75	8,374	7,224	8,662	154,234	52,078	16,323
80	8,865	7,638	9,173	164,450	55,483	17,345
85	9,357	8,053	9,684	174,665	58,888	18,367
90	9,849	8,468	10,195	184,881	62,294	19,388
95	10,340	8,883	10,705	195,096	65,699	20,410
100	10,832	9,298	11,216	205,312	69,104	21,431

Табл. 16. Расчет параметра C при ветре 10 м/с в направлении облучаемого объекта

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	1,016	1,014	1,016	1,211	1,072	1,027
2	1,033	1,029	1,034	1,551	1,172	1,058
3	1,051	1,045	1,053	1,953	1,293	1,093
4	1,071	1,062	1,073	2,387	1,431	1,131
5	1,091	1,079	1,094	2,837	1,581	1,173
6	1,112	1,097	1,116	3,298	1,740	1,217
7	1,135	1,116	1,139	3,764	1,905	1,264
8	1,158	1,136	1,163	4,235	2,075	1,313
9	1,182	1,156	1,188	4,709	2,249	1,363
10	1,206	1,177	1,214	5,186	2,427	1,416
12	1,258	1,221	1,267	6,142	2,788	1,526
14	1,312	1,266	1,324	7,103	3,156	1,641
16	1,369	1,314	1,382	8,066	3,528	1,760
18	1,427	1,363	1,443	9,031	3,904	1,882
20	1,487	1,414	1,506	9,997	4,282	2,007
22	1,549	1,466	1,570	10,964	4,662	2,134
24	1,612	1,519	1,635	11,932	5,043	2,263
26	1,676	1,573	1,702	12,900	5,425	2,393
28	1,741	1,628	1,770	13,869	5,808	2,525
30	1,808	1,684	1,839	14,838	6,192	2,658
32	1,875	1,741	1,908	15,807	6,576	2,792
34	1,943	1,799	1,979	16,776	6,961	2,926
36	2,011	1,857	2,050	17,746	7,346	3,062
38	2,080	1,916	2,122	18,716	7,732	3,198
40	2,150	1,975	2,194	19,686	8,118	3,334
42	2,221	2,035	2,267	20,656	8,504	3,471
44	2,291	2,095	2,340	21,626	8,891	3,609
46	2,363	2,156	2,414	22,597	9,277	3,747
48	2,434	2,217	2,488	23,567	9,664	3,885
50	2,506	2,279	2,563	24,537	10,051	4,023
55	2,687	2,434	2,750	26,964	11,019	4,371
60	2,870	2,590	2,940	29,390	11,987	4,719
65	3,054	2,748	3,130	31,817	12,957	5,069
70	3,239	2,908	3,322	34,244	13,926	5,420
75	3,426	3,068	3,515	36,671	14,896	5,771
80	3,613	3,229	3,708	39,098	15,866	6,123
85	3,800	3,390	3,902	41,526	16,836	6,476
90	3,989	3,553	4,097	43,953	17,807	6,828
95	4,177	3,715	4,292	46,381	18,777	7,182
100	4,367	3,879	4,487	48,808	19,748	7,535

Табл. 17. Расчет параметра D

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	0,216	0,200	0,220	0,711	0,504	0,304
2	0,299	0,277	0,304	0,819	0,636	0,412
3	0,359	0,333	0,365	0,868	0,711	0,484
4	0,405	0,377	0,412	0,896	0,759	0,539
5	0,444	0,414	0,451	0,914	0,794	0,581
6	0,477	0,446	0,484	0,927	0,819	0,616
7	0,506	0,474	0,513	0,937	0,839	0,646
8	0,531	0,499	0,539	0,944	0,855	0,671
9	0,554	0,521	0,561	0,950	0,868	0,692
10	0,574	0,542	0,581	0,954	0,879	0,711
12	0,609	0,577	0,616	0,962	0,896	0,742
14	0,638	0,606	0,646	0,967	0,909	0,767
16	0,664	0,632	0,671	0,971	0,919	0,788
18	0,685	0,654	0,692	0,974	0,927	0,805
20	0,704	0,673	0,711	0,976	0,934	0,819
22	0,721	0,691	0,727	0,978	0,939	0,832
24	0,736	0,706	0,742	0,980	0,944	0,843
26	0,749	0,720	0,755	0,982	0,948	0,852
28	0,761	0,733	0,767	0,983	0,951	0,861
30	0,772	0,745	0,778	0,984	0,954	0,868
32	0,782	0,755	0,788	0,985	0,957	0,875
34	0,791	0,765	0,797	0,986	0,959	0,881
36	0,799	0,774	0,805	0,987	0,962	0,887
38	0,807	0,782	0,812	0,987	0,963	0,892
40	0,814	0,790	0,819	0,988	0,965	0,896
42	0,821	0,797	0,826	0,989	0,967	0,901
44	0,827	0,804	0,832	0,989	0,968	0,904
46	0,833	0,810	0,838	0,990	0,970	0,908
48	0,838	0,816	0,843	0,990	0,971	0,911
50	0,843	0,821	0,848	0,990	0,972	0,914
55	0,854	0,834	0,859	0,991	0,974	0,921
60	0,864	0,845	0,868	0,992	0,976	0,927
65	0,873	0,854	0,877	0,993	0,978	0,932
70	0,880	0,862	0,884	0,993	0,980	0,937
75	0,887	0,870	0,891	0,994	0,981	0,941
80	0,893	0,877	0,896	0,994	0,982	0,944
85	0,898	0,883	0,902	0,994	0,983	0,947
90	0,903	0,888	0,906	0,995	0,984	0,950
95	0,908	0,893	0,911	0,995	0,985	0,952
100	0,912	0,898	0,914	0,995	0,986	0,954

Табл. 18. Расчет параметра E при штиле

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	2,528	2,434	2,549	2,302	2,980	2,882
2	2,320	2,261	2,333	1,377	2,121	2,464
3	2,144	2,111	2,150	0,982	1,646	2,152
4	1,993	1,979	1,994	0,764	1,345	1,910
5	1,861	1,863	1,859	0,625	1,137	1,717
6	1,746	1,760	1,742	0,528	0,985	1,559
7	1,645	1,668	1,638	0,458	0,869	1,428
8	1,554	1,585	1,546	0,404	0,777	1,317
9	1,473	1,509	1,463	0,361	0,703	1,222
10	1,400	1,441	1,390	0,327	0,641	1,140
12	1,274	1,321	1,262	0,274	0,546	1,005
14	1,168	1,220	1,156	0,237	0,476	0,899
16	1,079	1,133	1,066	0,208	0,421	0,813
18	1,002	1,057	0,989	0,185	0,378	0,742
20	0,936	0,991	0,923	0,167	0,343	0,682
22	0,878	0,933	0,865	0,152	0,313	0,632
24	0,826	0,881	0,814	0,140	0,289	0,588
26	0,781	0,835	0,768	0,129	0,268	0,550
28	0,740	0,793	0,728	0,120	0,250	0,516
30	0,703	0,756	0,691	0,112	0,234	0,487
32	0,670	0,721	0,658	0,106	0,220	0,460
34	0,639	0,690	0,628	0,099	0,207	0,437
36	0,612	0,661	0,601	0,094	0,196	0,415
38	0,586	0,635	0,575	0,089	0,186	0,396
40	0,563	0,610	0,552	0,085	0,177	0,378
42	0,541	0,588	0,531	0,081	0,169	0,362
44	0,521	0,567	0,511	0,077	0,162	0,347
46	0,503	0,547	0,493	0,074	0,155	0,334
48	0,485	0,529	0,476	0,071	0,149	0,321
50	0,469	0,512	0,460	0,068	0,143	0,309
55	0,433	0,474	0,424	0,062	0,130	0,284
60	0,402	0,441	0,394	0,057	0,120	0,262
65	0,376	0,412	0,368	0,052	0,111	0,243
70	0,352	0,387	0,345	0,049	0,103	0,227
75	0,332	0,365	0,324	0,045	0,096	0,213
80	0,313	0,345	0,306	0,043	0,090	0,200
85	0,297	0,327	0,290	0,040	0,085	0,189
90	0,282	0,311	0,276	0,038	0,080	0,179
95	0,269	0,297	0,262	0,036	0,076	0,170
100	0,256	0,284	0,250	0,034	0,073	0,162

Табл. 19. Расчет параметра E при ветре 10 м/с в направлении облучаемого объекта

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	-0,622	-0,662	-0,614	-0,321	-0,376	-0,495
2	-0,648	-0,688	-0,640	-0,407	-0,421	-0,525
3	-0,677	-0,716	-0,669	-0,555	-0,478	-0,558
4	-0,708	-0,747	-0,700	-0,870	-0,553	-0,596
5	-0,742	-0,780	-0,734	-2,023	-0,656	-0,639
6	-0,780	-0,816	-0,772	6,250	-0,806	-0,689
7	-0,821	-0,856	-0,814	1,228	-1,044	-0,747
8	-0,867	-0,900	-0,861	0,681	-1,484	-0,816
9	-0,919	-0,948	-0,914	0,471	-2,560	-0,899
10	-0,977	-1,003	-0,973	0,360	-9,331	-1,001
12	-1,120	-1,132	-1,119	0,245	2,175	-1,295
14	-1,310	-1,300	-1,315	0,185	0,974	-1,832
16	-1,578	-1,527	-1,596	0,149	0,628	-3,132
18	-1,985	-1,848	-2,029	0,125	0,463	-10,792
20	-2,674	-2,342	-2,783	0,107	0,367	7,467
22	-4,094	-3,196	-4,432	0,094	0,304	2,774
24	-8,738	-5,030	-10,873	0,084	0,259	1,703
26	65,130	-11,800	23,995	0,075	0,226	1,229
28	6,889	34,109	5,704	0,069	0,200	0,961
30	3,637	6,974	3,237	0,063	0,180	0,789
32	2,471	3,884	2,259	0,058	0,163	0,670
34	1,871	2,692	1,735	0,054	0,149	0,581
36	1,505	2,059	1,409	0,051	0,138	0,514
38	1,259	1,668	1,185	0,047	0,128	0,460
40	1,082	1,401	1,023	0,045	0,119	0,417
42	0,949	1,208	0,900	0,042	0,112	0,381
44	0,845	1,062	0,804	0,040	0,105	0,351
46	0,761	0,947	0,726	0,038	0,099	0,325
48	0,693	0,855	0,661	0,036	0,094	0,302
50	0,636	0,779	0,608	0,035	0,089	0,283
55	0,527	0,637	0,505	0,031	0,079	0,244
60	0,450	0,539	0,432	0,028	0,071	0,214
65	0,393	0,467	0,378	0,026	0,065	0,191
70	0,348	0,412	0,335	0,024	0,059	0,172
75	0,313	0,369	0,302	0,022	0,055	0,157
80	0,284	0,334	0,274	0,021	0,051	0,144
85	0,260	0,305	0,251	0,019	0,047	0,133
90	0,240	0,280	0,232	0,018	0,044	0,124
95	0,223	0,260	0,215	0,017	0,042	0,116
100	0,208	0,242	0,201	0,016	0,039	0,109

Табл. 20. Расчет параметра F

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	0,454	0,416	0,463	2,874	1,351	0,671
2	0,657	0,600	0,671	4,987	2,140	0,992
3	0,823	0,748	0,841	7,059	2,874	1,266
4	0,970	0,880	0,992	9,118	3,587	1,517
5	1,107	1,001	1,132	11,171	4,290	1,757
6	1,236	1,115	1,266	13,221	4,987	1,989
7	1,360	1,224	1,393	15,269	5,680	2,215
8	1,480	1,330	1,517	17,316	6,370	2,437
9	1,598	1,432	1,638	19,362	7,059	2,657
10	1,713	1,532	1,757	21,408	7,746	2,874
12	1,937	1,727	1,989	25,498	9,118	3,304
14	2,156	1,917	2,215	29,587	10,487	3,729
16	2,371	2,102	2,437	33,675	11,855	4,150
18	2,583	2,284	2,657	37,763	13,221	4,569
20	2,793	2,464	2,874	41,850	14,587	4,987
22	3,001	2,643	3,090	45,938	15,952	5,403
24	3,207	2,819	3,304	50,025	17,316	5,818
26	3,413	2,995	3,517	54,112	18,680	6,232
28	3,617	3,169	3,729	58,199	20,044	6,646
30	3,821	3,343	3,940	62,286	21,408	7,059
32	4,024	3,516	4,150	66,372	22,771	7,471
34	4,226	3,688	4,360	70,459	24,135	7,883
36	4,428	3,860	4,570	74,546	25,498	8,295
38	4,629	4,031	4,779	78,632	26,861	8,707
40	4,830	4,202	4,987	82,719	28,224	9,118
42	5,031	4,372	5,195	86,805	29,587	9,529
44	5,231	4,542	5,403	90,892	30,950	9,940
46	5,431	4,712	5,611	94,978	32,312	10,350
48	5,631	4,882	5,818	99,065	33,675	10,761
50	5,831	5,051	6,026	103,151	35,038	11,171
55	6,329	5,473	6,543	113,367	38,444	12,196
60	6,826	5,895	7,059	123,583	41,850	13,221
65	7,323	6,315	7,575	133,799	45,257	14,245
70	7,819	6,735	8,090	144,015	48,663	15,269
75	8,314	7,154	8,604	154,231	52,068	16,293
80	8,809	7,573	9,118	164,447	55,474	17,316
85	9,303	7,991	9,632	174,662	58,880	18,339
90	9,798	8,409	10,145	184,878	62,286	19,362
95	10,292	8,827	10,659	195,094	65,691	20,385
100	10,786	9,244	11,172	205,310	69,097	21,408

Табл. 21. Расчет параметра F_V при штиле

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	0,455	0,462	0,454	0,162	0,297	0,415
2	0,418	0,429	0,415	0,092	0,209	0,354
3	0,386	0,400	0,382	0,060	0,159	0,309
4	0,358	0,375	0,354	0,041	0,126	0,273
5	0,334	0,352	0,329	0,030	0,103	0,244
6	0,312	0,332	0,308	0,023	0,085	0,220
7	0,293	0,314	0,288	0,018	0,071	0,199
8	0,276	0,297	0,271	0,014	0,060	0,181
9	0,260	0,282	0,255	0,011	0,052	0,166
10	0,246	0,268	0,241	0,009	0,045	0,152
12	0,221	0,244	0,216	0,007	0,034	0,130
14	0,200	0,222	0,195	0,005	0,027	0,111
16	0,181	0,203	0,176	0,004	0,021	0,096
18	0,165	0,187	0,160	0,003	0,017	0,084
20	0,150	0,172	0,145	0,003	0,015	0,073
22	0,137	0,158	0,133	0,002	0,012	0,065
24	0,126	0,146	0,122	0,002	0,010	0,057
26	0,116	0,136	0,112	0,002	0,009	0,051
28	0,107	0,126	0,103	0,001	0,008	0,046
30	0,099	0,117	0,095	0,001	0,007	0,041
32	0,091	0,109	0,088	0,001	0,006	0,037
34	0,085	0,102	0,081	0,001	0,005	0,034
36	0,079	0,095	0,075	0,001	0,005	0,031
38	0,073	0,089	0,070	0,001	0,004	0,028
40	0,068	0,083	0,065	0,001	0,004	0,026
42	0,064	0,078	0,061	0,001	0,004	0,024
44	0,060	0,073	0,057	0,001	0,003	0,022
46	0,056	0,069	0,053	0,000	0,003	0,020
48	0,053	0,065	0,050	0,000	0,003	0,019
50	0,049	0,061	0,047	0,000	0,003	0,018
55	0,043	0,053	0,041	0,000	0,002	0,015
60	0,037	0,047	0,035	0,000	0,002	0,013
65	0,033	0,041	0,031	0,000	0,002	0,011
70	0,029	0,037	0,027	0,000	0,001	0,010
75	0,026	0,033	0,024	0,000	0,001	0,008
80	0,023	0,029	0,022	0,000	0,001	0,007
85	0,021	0,027	0,020	0,000	0,001	0,007
90	0,019	0,024	0,018	0,000	0,001	0,006
95	0,017	0,022	0,016	0,000	0,001	0,005
100	0,015	0,020	0,015	0,000	0,001	0,005

Табл. 22. Расчет параметра F_v при ветре 10 м/с в направлении облучаемого объекта

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	0,242	0,246	0,242	0,172	0,208	0,230
2	0,256	0,259	0,255	0,141	0,205	0,241
3	0,263	0,267	0,262	0,119	0,193	0,245
4	0,267	0,271	0,266	0,109	0,180	0,245
5	0,270	0,274	0,268	0,117	0,169	0,243
6	0,271	0,276	0,269	0,130	0,160	0,240
7	0,271	0,277	0,269	0,094	0,156	0,235
8	0,270	0,277	0,268	0,052	0,155	0,231
9	0,269	0,276	0,267	0,030	0,160	0,227
10	0,267	0,276	0,265	0,019	0,167	0,224
12	0,264	0,273	0,262	0,009	0,160	0,218
14	0,261	0,271	0,259	0,006	0,109	0,216
16	0,258	0,268	0,256	0,004	0,065	0,217
18	0,256	0,266	0,254	0,003	0,040	0,221
20	0,255	0,265	0,253	0,002	0,027	0,224
22	0,256	0,265	0,254	0,002	0,019	0,222
24	0,257	0,265	0,255	0,001	0,014	0,209
26	0,259	0,266	0,257	0,001	0,011	0,185
28	0,260	0,268	0,259	0,001	0,009	0,157
30	0,261	0,269	0,258	0,001	0,007	0,129
32	0,259	0,270	0,255	0,001	0,006	0,105
34	0,253	0,269	0,248	0,001	0,005	0,086
36	0,243	0,265	0,237	0,000	0,004	0,071
38	0,230	0,259	0,221	0,000	0,004	0,059
40	0,213	0,249	0,203	0,000	0,003	0,049
42	0,195	0,236	0,184	0,000	0,003	0,042
44	0,176	0,221	0,165	0,000	0,003	0,036
46	0,157	0,205	0,147	0,000	0,002	0,031
48	0,140	0,188	0,130	0,000	0,002	0,028
50	0,125	0,171	0,116	0,000	0,002	0,024
55	0,094	0,133	0,087	0,000	0,002	0,018
60	0,072	0,103	0,066	0,000	0,001	0,014
65	0,056	0,081	0,052	0,000	0,001	0,012
70	0,045	0,065	0,042	0,000	0,001	0,009
75	0,037	0,053	0,034	0,000	0,001	0,008
80	0,031	0,044	0,028	0,000	0,001	0,007
85	0,026	0,037	0,024	0,000	0,001	0,006
90	0,022	0,032	0,020	0,000	0,000	0,005
95	0,019	0,027	0,018	0,000	0,000	0,004
100	0,017	0,024	0,015	0,000	0,000	0,004

Табл. 23. Расчет параметра Fh при штиле

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	0,363	0,374	0,361	0,097	0,198	0,310
2	0,312	0,325	0,309	0,046	0,128	0,246
3	0,275	0,291	0,272	0,025	0,089	0,204
4	0,247	0,263	0,243	0,014	0,065	0,173
5	0,223	0,240	0,219	0,009	0,048	0,148
6	0,203	0,221	0,199	0,006	0,037	0,128
7	0,186	0,204	0,182	0,004	0,028	0,112
8	0,171	0,188	0,167	0,003	0,022	0,098
9	0,157	0,175	0,153	0,002	0,017	0,086
10	0,145	0,162	0,141	0,002	0,014	0,076
12	0,124	0,141	0,120	0,001	0,009	0,060
14	0,106	0,123	0,103	0,001	0,006	0,047
16	0,092	0,108	0,088	0,000	0,005	0,038
18	0,079	0,095	0,076	0,000	0,003	0,031
20	0,069	0,083	0,066	0,000	0,003	0,025
22	0,060	0,074	0,057	0,000	0,002	0,021
24	0,053	0,065	0,050	0,000	0,002	0,017
26	0,046	0,058	0,044	0,000	0,001	0,014
28	0,041	0,052	0,039	0,000	0,001	0,012
30	0,036	0,046	0,034	0,000	0,001	0,010
32	0,032	0,041	0,030	0,000	0,001	0,009
34	0,028	0,037	0,027	0,000	0,001	0,008
36	0,025	0,033	0,024	0,000	0,000	0,007
38	0,023	0,030	0,021	0,000	0,000	0,006
40	0,020	0,027	0,019	0,000	0,000	0,005
42	0,018	0,024	0,017	0,000	0,000	0,005
44	0,017	0,022	0,015	0,000	0,000	0,004
46	0,015	0,020	0,014	0,000	0,000	0,004
48	0,014	0,018	0,013	0,000	0,000	0,003
50	0,012	0,017	0,012	0,000	0,000	0,003
55	0,010	0,014	0,009	0,000	0,000	0,002
60	0,008	0,011	0,007	0,000	0,000	0,002
65	0,007	0,009	0,006	0,000	0,000	0,001
70	0,005	0,008	0,005	0,000	0,000	0,001
75	0,005	0,006	0,004	0,000	0,000	0,001
80	0,004	0,005	0,004	0,000	0,000	0,001
85	0,003	0,005	0,003	0,000	0,000	0,001
90	0,003	0,004	0,003	0,000	0,000	0,001
95	0,002	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000
100	0,002	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000

Табл. 24. Расчет параметра Fh при ветре 10 м/с в направлении облучаемого объекта

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	0,929	0,928	0,929	0,804	0,900	0,928
2	0,909	0,910	0,909	0,627	0,821	0,897
3	0,891	0,894	0,890	0,495	0,743	0,866
4	0,873	0,878	0,872	0,398	0,670	0,835
5	0,855	0,862	0,853	0,309	0,604	0,804
6	0,837	0,846	0,835	0,188	0,545	0,774
7	0,819	0,830	0,817	0,069	0,492	0,744
8	0,802	0,815	0,798	0,022	0,440	0,714
9	0,784	0,799	0,780	0,009	0,387	0,686
10	0,767	0,783	0,762	0,004	0,326	0,658
12	0,732	0,753	0,727	0,001	0,178	0,604
14	0,698	0,722	0,692	0,001	0,069	0,551
16	0,664	0,692	0,657	0,000	0,027	0,496
18	0,630	0,662	0,623	0,000	0,012	0,437
20	0,596	0,631	0,588	0,000	0,006	0,370
22	0,561	0,601	0,552	0,000	0,004	0,297
24	0,525	0,569	0,514	0,000	0,002	0,223
26	0,486	0,536	0,474	0,000	0,001	0,158
28	0,445	0,501	0,430	0,000	0,001	0,108
30	0,400	0,465	0,384	0,000	0,001	0,073
32	0,354	0,426	0,336	0,000	0,001	0,049
34	0,306	0,385	0,287	0,000	0,000	0,034
36	0,259	0,342	0,240	0,000	0,000	0,025
38	0,215	0,299	0,197	0,000	0,000	0,018
40	0,176	0,258	0,159	0,000	0,000	0,013
42	0,142	0,219	0,127	0,000	0,000	0,010
44	0,114	0,183	0,101	0,000	0,000	0,008
46	0,091	0,152	0,080	0,000	0,000	0,006
48	0,073	0,125	0,064	0,000	0,000	0,005
50	0,059	0,103	0,051	0,000	0,000	0,004
55	0,035	0,064	0,031	0,000	0,000	0,003
60	0,022	0,040	0,020	0,000	0,000	0,002
65	0,015	0,027	0,013	0,000	0,000	0,001
70	0,010	0,018	0,009	0,000	0,000	0,001
75	0,007	0,013	0,006	0,000	0,000	0,001
80	0,005	0,010	0,005	0,000	0,000	0,001
85	0,004	0,007	0,004	0,000	0,000	0,000
90	0,003	0,006	0,003	0,000	0,000	0,000
95	0,003	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000
100	0,002	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000

Табл. 25. Расчет параметра F_q при штиле

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	0,582	0,594	0,580	0,189	0,357	0,518
2	0,521	0,538	0,517	0,103	0,245	0,431
3	0,474	0,495	0,469	0,064	0,183	0,370
4	0,435	0,458	0,429	0,044	0,142	0,323
5	0,402	0,427	0,396	0,031	0,114	0,285
6	0,373	0,399	0,367	0,023	0,093	0,254
7	0,347	0,374	0,341	0,018	0,077	0,228
8	0,324	0,352	0,318	0,014	0,064	0,206
9	0,304	0,332	0,298	0,012	0,054	0,187
10	0,286	0,314	0,279	0,010	0,047	0,170
12	0,253	0,281	0,247	0,007	0,035	0,143
14	0,226	0,254	0,220	0,005	0,027	0,121
16	0,203	0,230	0,197	0,004	0,022	0,103
18	0,183	0,209	0,177	0,003	0,018	0,089
20	0,165	0,191	0,160	0,003	0,015	0,078
22	0,150	0,175	0,145	0,002	0,012	0,068
24	0,137	0,160	0,132	0,002	0,011	0,060
26	0,125	0,147	0,120	0,002	0,009	0,053
28	0,114	0,136	0,110	0,001	0,008	0,047
30	0,105	0,126	0,101	0,001	0,007	0,043
32	0,097	0,116	0,093	0,001	0,006	0,038
34	0,089	0,108	0,085	0,001	0,006	0,035
36	0,083	0,100	0,079	0,001	0,005	0,032
38	0,077	0,094	0,073	0,001	0,004	0,029
40	0,071	0,087	0,068	0,001	0,004	0,026
42	0,066	0,082	0,063	0,001	0,004	0,024
44	0,062	0,077	0,059	0,001	0,003	0,022
46	0,058	0,072	0,055	0,000	0,003	0,021
48	0,054	0,068	0,052	0,000	0,003	0,019
50	0,051	0,064	0,048	0,000	0,003	0,018
55	0,044	0,055	0,042	0,000	0,002	0,015
60	0,038	0,048	0,036	0,000	0,002	0,013
65	0,033	0,042	0,032	0,000	0,002	0,011
70	0,029	0,037	0,028	0,000	0,001	0,010
75	0,026	0,033	0,025	0,000	0,001	0,008
80	0,023	0,030	0,022	0,000	0,001	0,008
85	0,021	0,027	0,020	0,000	0,001	0,007
90	0,019	0,024	0,018	0,000	0,001	0,006
95	0,017	0,022	0,016	0,000	0,001	0,005
100	0,016	0,020	0,015	0,000	0,001	0,005

Табл. 26. Расчет параметра F_q при ветре 10 м/с в направлении облучаемого объекта

Расстояние от края пролива	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
1	0,960	0,960	0,960	0,822	0,924	0,956
2	0,945	0,946	0,944	0,642	0,847	0,929
3	0,929	0,933	0,928	0,509	0,767	0,900
4	0,913	0,919	0,911	0,413	0,694	0,871
5	0,897	0,904	0,895	0,331	0,627	0,840
6	0,880	0,890	0,877	0,228	0,568	0,810
7	0,863	0,875	0,860	0,116	0,516	0,780
8	0,846	0,860	0,842	0,056	0,467	0,751
9	0,829	0,845	0,825	0,031	0,419	0,722
10	0,812	0,831	0,807	0,019	0,366	0,695
12	0,778	0,801	0,773	0,010	0,240	0,642
14	0,745	0,771	0,739	0,006	0,129	0,591
16	0,713	0,742	0,705	0,004	0,070	0,541
18	0,680	0,713	0,673	0,003	0,042	0,489
20	0,649	0,685	0,640	0,002	0,028	0,433
22	0,617	0,656	0,607	0,002	0,020	0,371
24	0,584	0,628	0,574	0,001	0,015	0,305
26	0,551	0,599	0,539	0,001	0,011	0,243
28	0,515	0,568	0,502	0,001	0,009	0,190
30	0,478	0,537	0,463	0,001	0,007	0,148
32	0,438	0,504	0,422	0,001	0,006	0,116
34	0,397	0,469	0,380	0,001	0,005	0,092
36	0,356	0,433	0,337	0,000	0,004	0,075
38	0,315	0,396	0,296	0,000	0,004	0,061
40	0,276	0,358	0,258	0,000	0,003	0,051
42	0,241	0,322	0,223	0,000	0,003	0,043
44	0,209	0,287	0,193	0,000	0,003	0,037
46	0,182	0,255	0,167	0,000	0,002	0,032
48	0,158	0,226	0,145	0,000	0,002	0,028
50	0,138	0,199	0,127	0,000	0,002	0,025
55	0,100	0,147	0,092	0,000	0,002	0,019
60	0,075	0,111	0,069	0,000	0,001	0,014
65	0,058	0,086	0,053	0,000	0,001	0,012
70	0,046	0,068	0,043	0,000	0,001	0,010
75	0,038	0,055	0,035	0,000	0,001	0,008
80	0,031	0,045	0,029	0,000	0,001	0,007
85	0,026	0,038	0,024	0,000	0,001	0,006
90	0,022	0,032	0,021	0,000	0,000	0,005
95	0,019	0,028	0,018	0,000	0,000	0,004
100	0,017	0,024	0,016	0,000	0,000	0,004

Табл. 27. Расчет параметра τ

Расстояние от края пролива	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
1	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
2	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
3	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998
4	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997
5	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997
6	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996
7	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995
8	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
9	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
10	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993
12	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992
14	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990
16	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989
18	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987
20	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986	0,986
22	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985
24	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983
26	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982
28	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981
30	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979
32	0,978	0,978	0,978	0,978	0,978	0,978
34	0,976	0,976	0,976	0,976	0,976	0,976
36	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975	0,975
38	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974	0,974
40	0,972	0,972	0,972	0,972	0,972	0,972
42	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971	0,971
44	0,970	0,970	0,970	0,970	0,970	0,970
46	0,968	0,968	0,968	0,968	0,968	0,968
48	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967	0,967
50	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966	0,966
55	0,962	0,962	0,962	0,962	0,962	0,962
60	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959	0,959
65	0,956	0,956	0,956	0,956	0,956	0,956
70	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952	0,952
75	0,949	0,949	0,949	0,949	0,949	0,949
80	0,946	0,946	0,946	0,946	0,946	0,946
85	0,942	0,942	0,942	0,942	0,942	0,942
90	0,939	0,939	0,939	0,939	0,939	0,939
95	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936	0,936
100	0,932	0,932	0,932	0,932	0,932	0,932

Табл. 28. Расчет теплового потока при штиле

Расстояние от края пролива	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
1	27,3	16,6	16,2	11,3	21,4	31,1
2	24,5	15,0	14,5	6,2	14,7	25,8
3	22,2	13,8	13,1	3,9	10,9	22,2
4	20,4	12,8	12,0	2,6	8,5	19,3
5	18,8	11,9	11,0	1,9	6,8	17,1
6	17,4	11,1	10,2	1,4	5,5	15,2
7	16,2	10,4	9,5	1,1	4,6	13,6
8	15,2	9,8	8,9	0,8	3,8	12,3
9	14,2	9,2	8,3	0,7	3,2	11,1
10	13,3	8,7	7,8	0,6	2,8	10,1
12	11,8	7,8	6,9	0,4	2,1	8,5
14	10,5	7,0	6,1	0,3	1,6	7,2
16	9,4	6,4	5,5	0,2	1,3	6,1
18	8,5	5,8	4,9	0,2	1,1	5,3
20	7,7	5,3	4,4	0,2	0,9	4,6
22	6,9	4,8	4,0	0,1	0,7	4,0
24	6,3	4,4	3,6	0,1	0,6	3,5
26	5,8	4,1	3,3	0,1	0,5	3,1
28	5,3	3,7	3,0	0,1	0,5	2,8
30	4,8	3,4	2,8	0,1	0,4	2,5
32	4,4	3,2	2,5	0,1	0,4	2,3
34	4,1	3,0	2,3	0,1	0,3	2,0
36	3,8	2,7	2,2	0,0	0,3	1,8
38	3,5	2,6	2,0	0,0	0,3	1,7
40	3,3	2,4	1,8	0,0	0,2	1,5
42	3,0	2,2	1,7	0,0	0,2	1,4
44	2,8	2,1	1,6	0,0	0,2	1,3
46	2,6	1,9	1,5	0,0	0,2	1,2
48	2,5	1,8	1,4	0,0	0,2	1,1
50	2,3	1,7	1,3	0,0	0,2	1,0
55	2,0	1,5	1,1	0,0	0,1	0,9
60	1,7	1,3	1,0	0,0	0,1	0,7
65	1,5	1,1	0,8	0,0	0,1	0,6
70	1,3	1,0	0,7	0,0	0,1	0,6
75	1,2	0,9	0,7	0,0	0,1	0,5
80	1,0	0,8	0,6	0,0	0,1	0,4
85	0,9	0,7	0,5	0,0	0,1	0,4
90	0,8	0,6	0,5	0,0	0,0	0,3
95	0,8	0,6	0,4	0,0	0,0	0,3
100	0,7	0,5	0,4	0,0	0,0	0,3

Табл. 29. Расчет теплового потока при ветре 10 м/с в направлении облучаемого объекта

Расстояние от края пролива	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
1	45,1	26,9	26,9	49,3	55,4	57,3
2	44,3	26,5	26,4	38,5	50,7	55,7
3	43,6	26,1	25,9	30,5	46,0	53,9
4	42,8	25,7	25,4	24,7	41,5	52,1
5	42,0	25,2	25,0	19,8	37,5	50,2
6	41,2	24,8	24,5	13,6	34,0	48,4
7	40,4	24,4	24,0	6,9	30,8	46,6
8	39,5	24,0	23,5	3,3	27,9	44,8
9	38,7	23,5	22,9	1,8	25,0	43,1
10	37,9	23,1	22,4	1,2	21,8	41,4
12	36,3	22,2	21,5	0,6	14,3	38,2
14	34,7	21,4	20,5	0,3	7,7	35,1
16	33,1	20,5	19,5	0,2	4,2	32,1
18	31,6	19,7	18,6	0,2	2,5	29,0
20	30,1	18,9	17,7	0,1	1,6	25,6
22	28,5	18,1	16,7	0,1	1,2	21,9
24	27,0	17,3	15,8	0,1	0,9	18,0
26	25,4	16,5	14,8	0,1	0,7	14,3
28	23,7	15,6	13,8	0,1	0,5	11,2
30	22,0	14,7	12,7	0,0	0,4	8,7
32	20,1	13,8	11,6	0,0	0,4	6,8
34	18,2	12,8	10,4	0,0	0,3	5,4
36	16,3	11,8	9,2	0,0	0,3	4,4
38	14,4	10,8	8,1	0,0	0,2	3,6
40	12,6	9,8	7,0	0,0	0,2	3,0
42	11,0	8,8	6,1	0,0	0,2	2,5
44	9,5	7,8	5,2	0,0	0,2	2,2
46	8,3	6,9	4,5	0,0	0,1	1,9
48	7,2	6,1	3,9	0,0	0,1	1,6
50	6,3	5,4	3,4	0,0	0,1	1,4
55	4,5	4,0	2,5	0,0	0,1	1,1
60	3,4	3,0	1,9	0,0	0,1	0,8
65	2,6	2,3	1,4	0,0	0,1	0,7
70	2,1	1,8	1,1	0,0	0,0	0,5
75	1,7	1,5	0,9	0,0	0,0	0,5
80	1,4	1,2	0,8	0,0	0,0	0,4
85	1,2	1,0	0,6	0,0	0,0	0,3
90	1,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,3
95	0,9	0,7	0,5	0,0	0,0	0,2
100	0,7	0,6	0,4	0,0	0,0	0,2

4.3. Расчет максимальных горизонтальных размеров взрывоопасных зон

Расчет горизонтальных размеров взрывоопасных зон, образующихся в результате испарения бензина с поверхности рассматриваемых проливов производился в соответствии с разд. III прил. 3 [5].

Полученные значения приведены в табл. 8.

4.4. Определение параметров волн давления при сгорании паровоздушного облака

Расчет зависимости параметров волны давления (избыточное давление и импульс) при сгорании паровоздушных облаков, образующихся при испарении бензина с поверхности рассматриваемых проливов, производился в соответствии с разд. IV прил. 3 [5].

Результатом определения параметров волны давления при сгорании паровоздушного облака для соответствующих групп сценариев является получение зависимости избыточного давления и импульса волны давления от расстояния до центра облака. Расчет необходимых промежуточных значений приведен в табл. 30 – табл. 34.

Графики зависимостей избыточного давления в волне давления и импульса фазы сжатия от расстояния до центра облака при взрыве паровоздушного облака, образовавшегося в результате испарения с поверхности пролива бензина приведены на рис. 6, рис. 7.

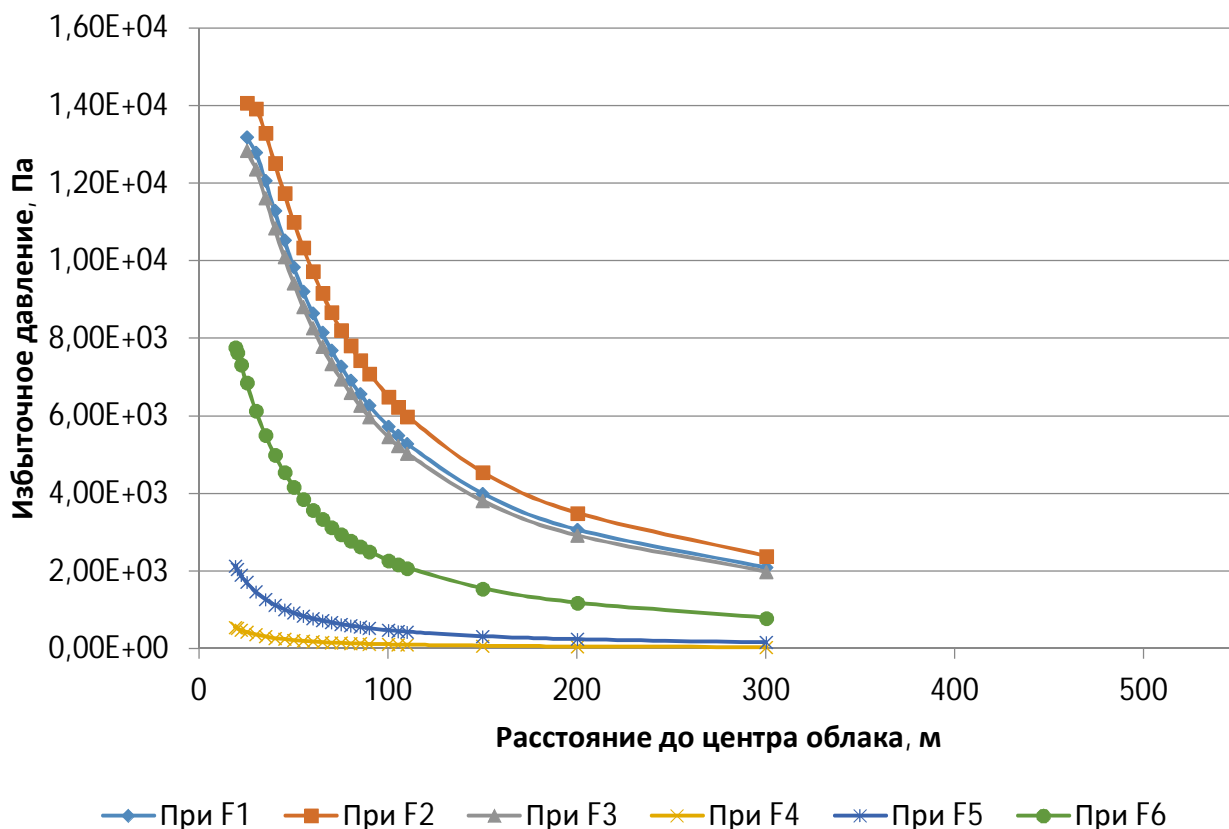


Рис. 6. Зависимость избыточного давления в волне давления от расстояния до центра облака

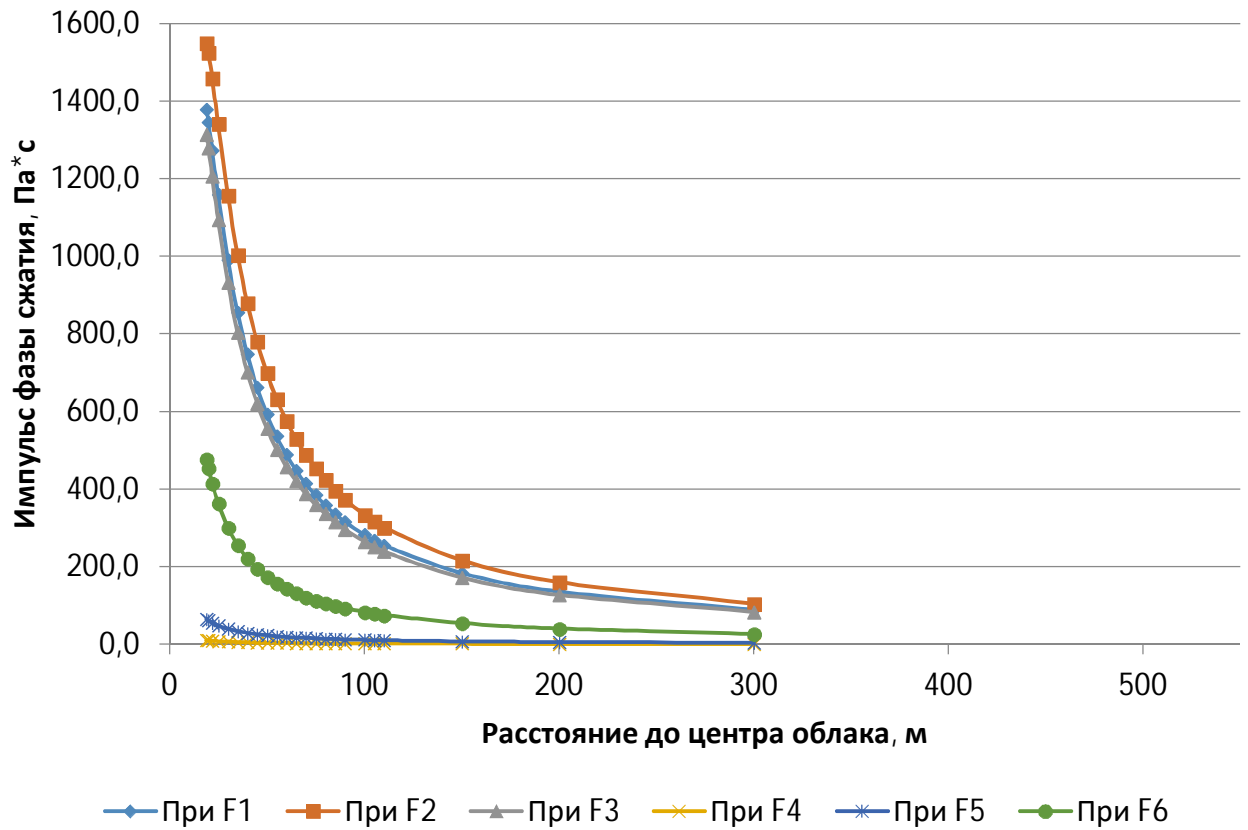


Рис. 7. Зависимость импульса фазы сжатия в волне давления от расстояния до центра облака

Табл. 30. Расчет параметра R_x

Расстояние от центра облака	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
19	0,258	0,231	0,265	1,951	0,938	0,420
20	0,272	0,243	0,279	2,053	0,987	0,442
22	0,299	0,268	0,307	2,259	1,086	0,487
25	0,340	0,304	0,348	2,567	1,234	0,553
30	0,407	0,365	0,418	3,080	1,481	0,664
35	0,475	0,426	0,488	3,593	1,727	0,774
40	0,543	0,487	0,557	4,107	1,974	0,885
45	0,611	0,548	0,627	4,620	2,221	0,995
50	0,679	0,608	0,697	5,133	2,468	1,106
55	0,747	0,669	0,766	5,647	2,715	1,217
60	0,815	0,730	0,836	6,160	2,961	1,327
65	0,883	0,791	0,906	6,673	3,208	1,438
70	0,951	0,852	0,975	7,187	3,455	1,548
75	1,019	0,913	1,045	7,700	3,702	1,659
80	1,087	0,973	1,115	8,213	3,949	1,769
85	1,155	1,034	1,184	8,727	4,195	1,880
90	1,222	1,095	1,254	9,240	4,442	1,991
100	1,358	1,217	1,393	10,267	4,936	2,212
105	1,426	1,278	1,463	10,780	5,182	2,322
110	1,494	1,338	1,533	11,293	5,429	2,433
135	1,834	1,643	1,881	13,860	6,663	2,986
150	2,037	1,825	2,090	15,400	7,403	3,318
300	4,075	3,650	4,180	30,800	14,807	6,636

Табл. 31. Расчет параметра P_{x1}

Расстояние от центра облака	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
19	0,118	0,115	0,117	0,005	0,021	0,077
20	0,123	0,124	0,121	0,005	0,020	0,075
22	0,128	0,136	0,126	0,005	0,019	0,072
25	0,130	0,144	0,127	0,004	0,017	0,068
30	0,126	0,145	0,122	0,004	0,014	0,061
35	0,119	0,139	0,115	0,003	0,013	0,054
40	0,111	0,132	0,107	0,003	0,011	0,049
45	0,104	0,124	0,100	0,002	0,010	0,045
50	0,097	0,117	0,093	0,002	0,009	0,041
55	0,091	0,110	0,087	0,002	0,008	0,038
60	0,085	0,104	0,082	0,002	0,008	0,035
65	0,080	0,098	0,077	0,002	0,007	0,033
70	0,076	0,093	0,073	0,002	0,007	0,031
75	0,072	0,088	0,069	0,001	0,006	0,029
80	0,068	0,083	0,065	0,001	0,006	0,028
85	0,065	0,080	0,062	0,001	0,006	0,026
90	0,062	0,076	0,059	0,001	0,005	0,025
100	0,057	0,070	0,054	0,001	0,005	0,023
105	0,054	0,067	0,052	0,001	0,005	0,022
110	0,052	0,064	0,050	0,001	0,004	0,021
135	0,043	0,054	0,041	0,001	0,004	0,017
150	0,040	0,049	0,038	0,001	0,003	0,015
300	0,021	0,026	0,020	0,000	0,002	0,008

Табл. 32. Расчет параметра I_{x1}

Расстояние от центра облака	При F_1	При F_2	При F_3	При F_4	При F_5	При F_6
19	0,063	0,068	0,061	0,003	0,011	0,035
20	0,061	0,067	0,060	0,003	0,010	0,034
22	0,058	0,065	0,056	0,003	0,009	0,031
25	0,053	0,060	0,051	0,003	0,008	0,027
30	0,045	0,052	0,044	0,002	0,007	0,022
35	0,039	0,046	0,038	0,002	0,006	0,019
40	0,034	0,040	0,033	0,002	0,005	0,016
45	0,030	0,036	0,029	0,001	0,004	0,014
50	0,027	0,032	0,026	0,001	0,004	0,013
55	0,024	0,029	0,024	0,001	0,003	0,012
60	0,022	0,026	0,021	0,001	0,003	0,011
65	0,020	0,024	0,020	0,001	0,003	0,010
70	0,019	0,022	0,018	0,001	0,003	0,009
75	0,018	0,021	0,017	0,001	0,002	0,008
80	0,016	0,019	0,016	0,001	0,002	0,008
85	0,015	0,018	0,015	0,001	0,002	0,007
90	0,014	0,017	0,014	0,001	0,002	0,007
100	0,013	0,015	0,012	0,001	0,002	0,006
105	0,012	0,014	0,012	0,001	0,002	0,006
110	0,012	0,014	0,011	0,001	0,002	0,006
135	0,009	0,011	0,009	0,000	0,001	0,005
150	0,008	0,010	0,008	0,000	0,001	0,004
300	0,004	0,005	0,004	0,000	0,001	0,002

Табл. 33. Расчет избыточного давления

Расстояние от центра облака	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
0	1,19E+04	1,16E+04	1,19E+04	5,51E+02	2,14E+03	7,78E+03
19	1,19E+04	1,16E+04	1,19E+04	5,51E+02	2,14E+03	7,78E+03
20	1,24E+04	1,26E+04	1,23E+04	5,26E+02	2,06E+03	7,64E+03
22	1,30E+04	1,38E+04	1,27E+04	4,82E+02	1,90E+03	7,33E+03
25	1,32E+04	1,46E+04	1,28E+04	4,28E+02	1,71E+03	6,86E+03
30	1,28E+04	1,47E+04	1,24E+04	3,61E+02	1,46E+03	6,14E+03
35	1,21E+04	1,41E+04	1,16E+04	3,12E+02	1,28E+03	5,52E+03
40	1,13E+04	1,34E+04	1,08E+04	2,75E+02	1,13E+03	5,00E+03
45	1,05E+04	1,26E+04	1,01E+04	2,45E+02	1,02E+03	4,56E+03
50	9,84E+03	1,18E+04	9,43E+03	2,22E+02	9,24E+02	4,19E+03
55	9,22E+03	1,11E+04	8,82E+03	2,02E+02	8,46E+02	3,87E+03
60	8,65E+03	1,05E+04	8,28E+03	1,86E+02	7,79E+02	3,59E+03
65	8,15E+03	9,91E+03	7,79E+03	1,72E+02	7,23E+02	3,35E+03
70	7,70E+03	9,38E+03	7,35E+03	1,60E+02	6,74E+02	3,14E+03
75	7,29E+03	8,90E+03	6,96E+03	1,49E+02	6,31E+02	2,96E+03
80	6,91E+03	8,46E+03	6,60E+03	1,40E+02	5,93E+02	2,79E+03
85	6,58E+03	8,06E+03	6,28E+03	1,32E+02	5,60E+02	2,64E+03
90	6,27E+03	7,69E+03	5,98E+03	1,25E+02	5,30E+02	2,51E+03
100	5,74E+03	7,05E+03	5,47E+03	1,13E+02	4,79E+02	2,28E+03
105	5,50E+03	6,77E+03	5,24E+03	1,07E+02	4,57E+02	2,18E+03
110	5,28E+03	6,50E+03	5,03E+03	1,03E+02	4,37E+02	2,09E+03
135	4,40E+03	5,44E+03	4,20E+03	8,39E+01	3,58E+02	1,73E+03
150	4,00E+03	4,95E+03	3,81E+03	7,56E+01	3,23E+02	1,56E+03
300	2,09E+03	2,60E+03	1,99E+03	3,80E+01	1,63E+02	8,02E+02

Табл. 34. Расчет импульса фазы сжатия

Расстояние от центра облака	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
0	1378,0	1663,2	1313,8	10,0	64,6	477,0
19	1378,0	1663,2	1313,8	10,0	64,6	477,0
20	1345,9	1647,1	1280,0	9,5	61,1	454,4
22	1272,8	1588,7	1206,1	8,6	55,2	414,0
25	1159,4	1473,9	1095,0	7,5	48,1	363,9
30	990,7	1280,0	932,7	6,2	39,6	301,0
35	855,1	1114,2	803,8	5,3	33,6	255,6
40	747,8	979,1	702,3	4,6	29,2	221,6
45	662,2	869,4	621,6	4,1	25,7	195,3
50	592,9	779,8	556,3	3,7	23,0	174,4
55	535,9	705,6	502,7	3,3	20,8	157,4
60	488,4	643,5	458,1	3,0	19,0	143,4
65	448,3	590,9	420,4	2,8	17,5	131,6
70	414,0	545,9	388,3	2,6	16,2	121,6
75	384,4	507,0	360,6	2,4	15,1	113,0
80	358,7	473,0	336,4	2,3	14,1	105,5
85	336,1	443,2	315,2	2,1	13,3	98,9
90	316,1	416,8	296,5	2,0	12,5	93,1
100	282,3	372,2	264,8	1,8	11,2	83,3
105	268,0	353,3	251,4	1,7	10,7	79,1
110	255,0	336,1	239,2	1,6	10,2	75,3
135	205,0	270,1	192,4	1,3	8,2	60,8
150	183,4	241,4	172,1	1,2	7,4	54,5
300	88,8	116,7	83,4	0,6	3,7	26,7

5. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития

В результате построения полей опасных факторов пожара для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций были определены следующие зависимости и величины:

- зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния до границы очага пожаров для условий штиля и ветра в направлении облучаемого объекта со скоростью 10 м/с;
- отсчитываемый от границы пролива горизонтальный размер взрывоопасной зоны, образующейся в результате испарения жидкости с поверхности пролива;
- зависимости избыточного давления и импульса фазы сжатия волны давления при взрыве паровоздушного облака, образующегося в результате испарения жидкости с поверхности пролива, от расстояния до центра облака.

На основе указанных выше зависимостей и величин определены зависимости условных вероятностей поражения человека при различных сценариях развития пожароопасных ситуаций (рис. 8 – рис. 10).

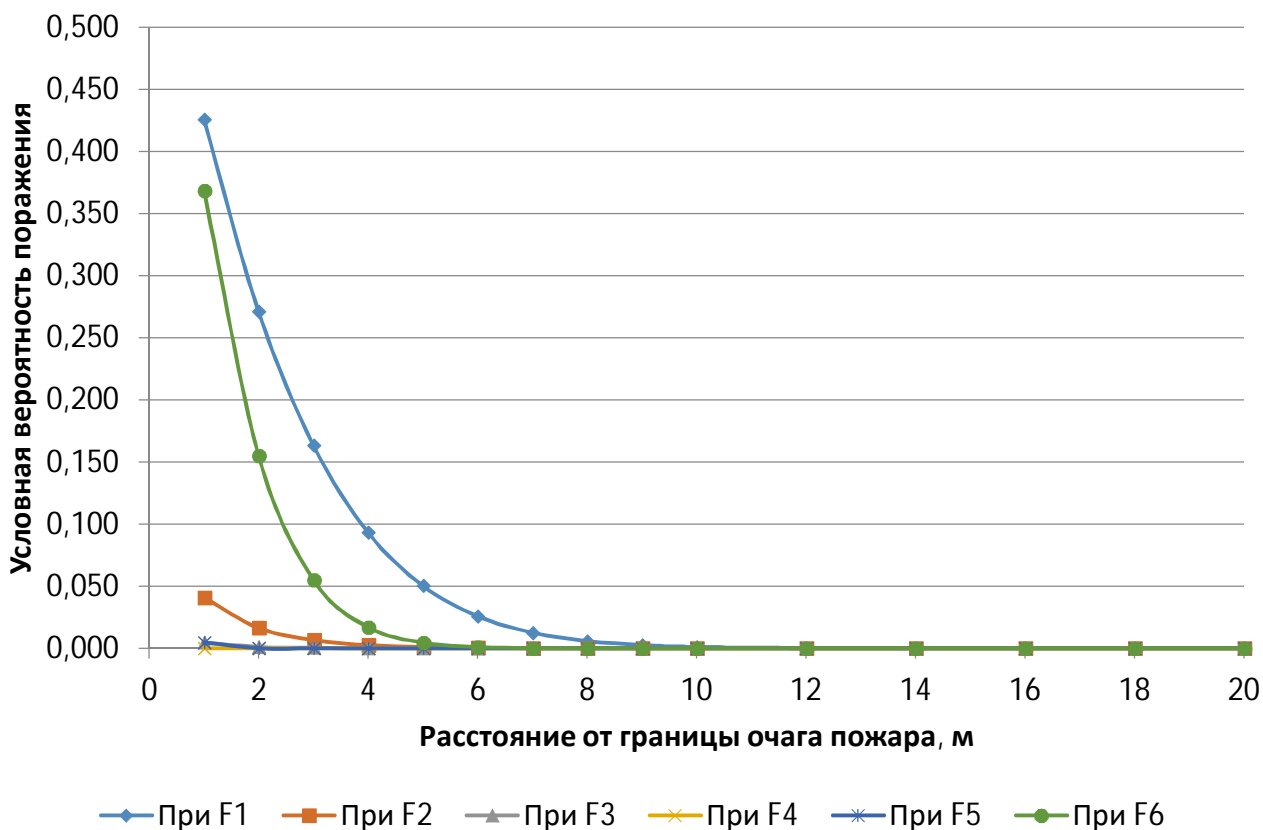


Рис. 8. Зависимости условных вероятностей поражения человека тепловым излучением от расстояния до очага пожара в условиях штиля

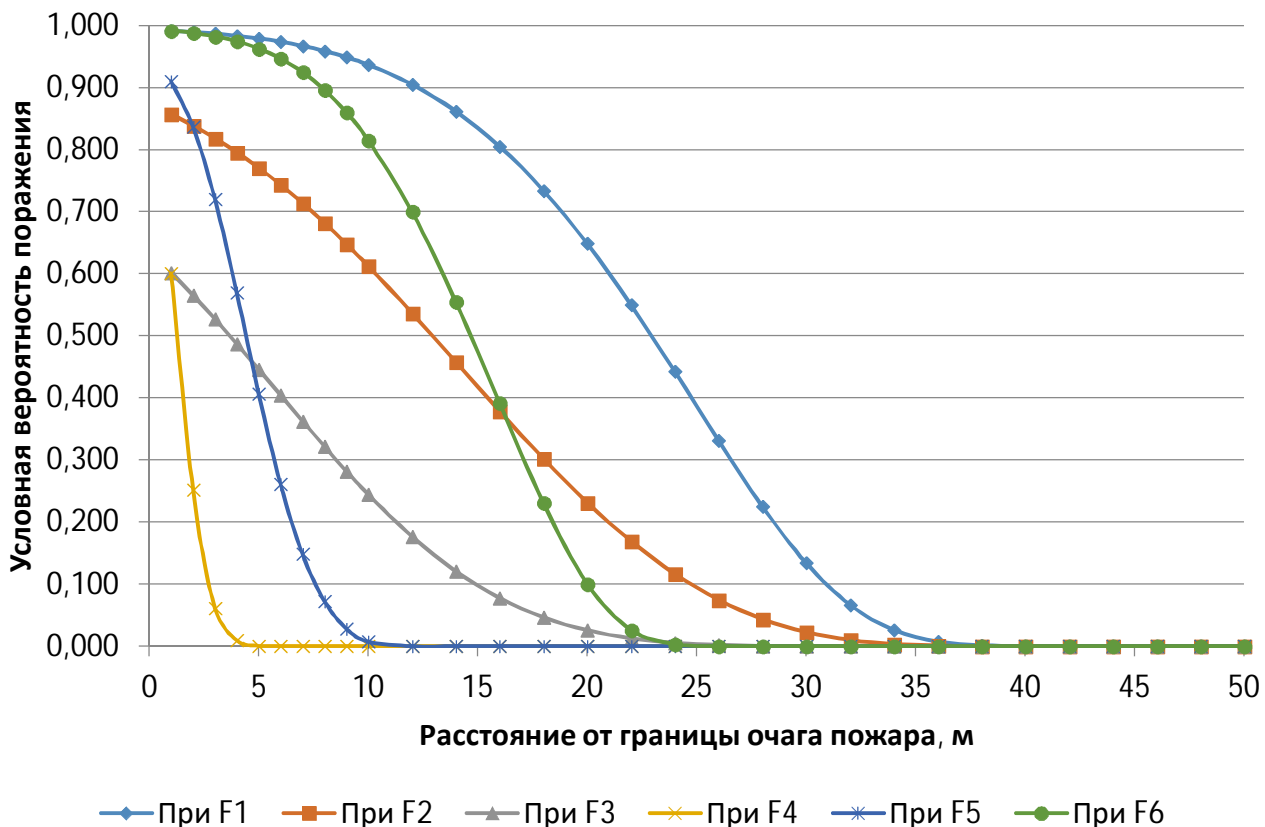


Рис. 9. Зависимости условных вероятностей поражения человека тепловым излучением от расстояния до очага пожара при скорости ветра в направлении облучаемого объекта 10 м/с

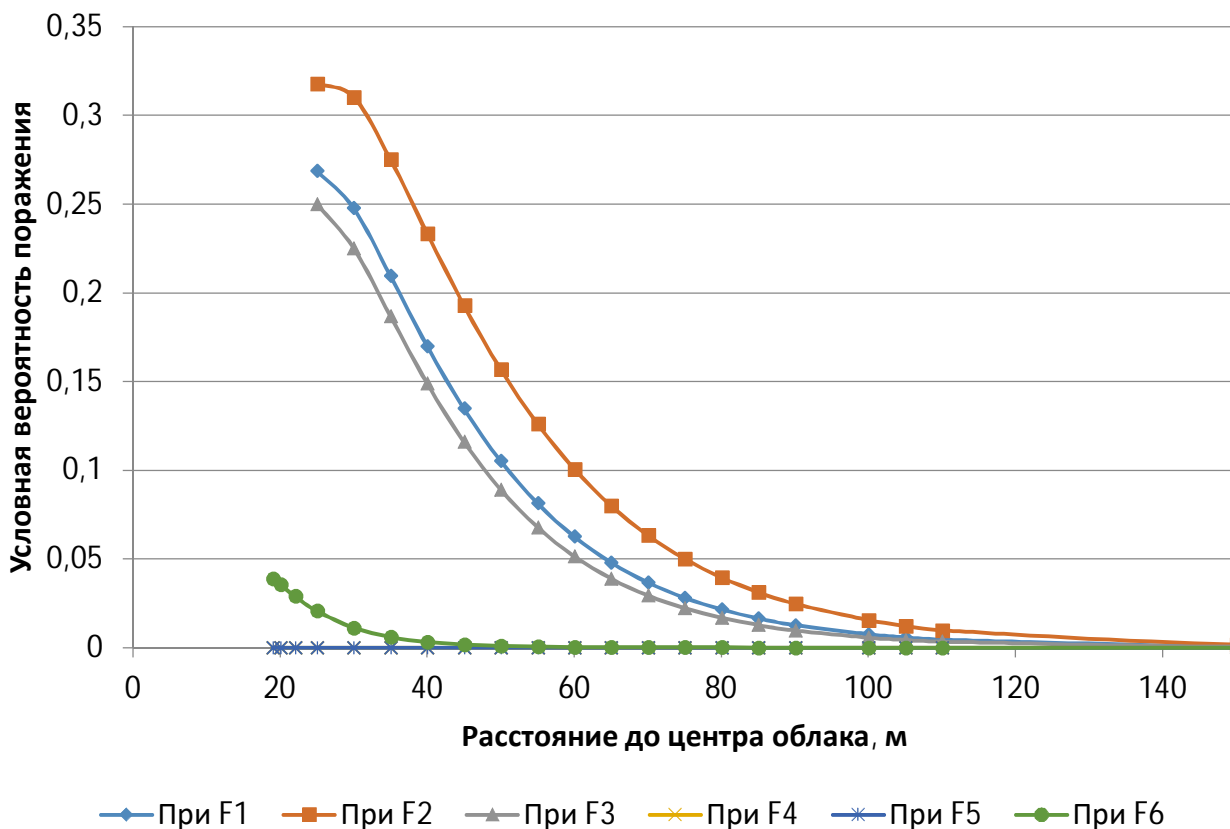


Рис. 10. Зависимости условных вероятностей поражения человека волной давления от расстояния до центра облака

6. Вычисление расчетных величин пожарного риска

6.1. Расчет пожарного риска при пожаре в здании АЗС

При определении величин потенциального риска для работников, которые находятся в здании на территории объекта, допускается рассматривать для здания в качестве расчетного один наиболее неблагоприятный сценарий возникновения пожара, характеризующийся максимальной условной вероятностью поражения человека. В этом случае расчетная частота возникновения пожара принимается равной суммарной частоте реализации всех возможных в здании сценариев возникновения пожара.

В качестве сценария принято возникновение пожара в помещении операторской, когда там присутствует максимальное количество человек.

Вероятность возникновения пожара в здании АЗС принимается по таблице П2.5 [6] – $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^{-2} \text{ год}^{-1}$. Площадь здания операторской составляет 48 м^2 .

Таким образом, вероятность составляет $Q = 1,2 \cdot 10^{-5} \times 48 = 5,76 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

В качестве пожарной нагрузки принимается «Подсобные и бытовые помещения» по таблице 1 [7].

Время начала эвакуации принимается равным 0,5 мин. согласно п.31 [5] – для этажа пожара. Находящиеся в помещении люди начинают одновременное движение к выходу.

Расчет времени эвакуации

Для расчета времени эвакуации используется упрощенная аналитическая модель движения людей (рис. 11, табл. 35).

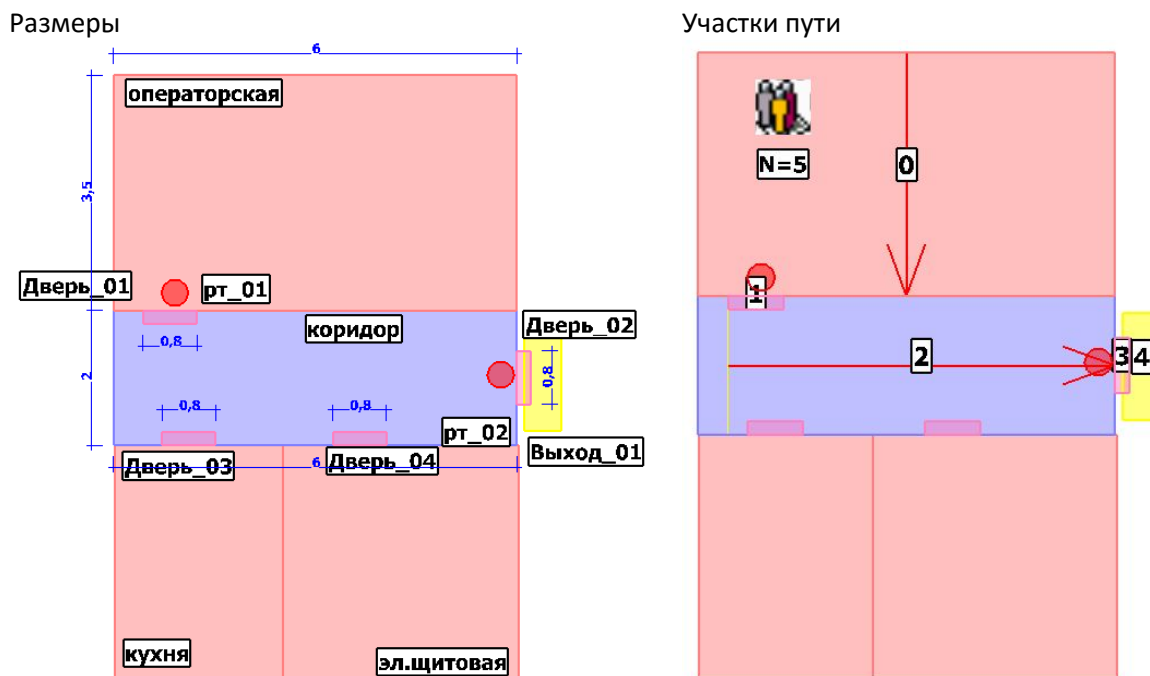


Рис. 11. Участки пути эвакуации из здания

Табл. 35. Расчет времени движения по путям эвакуации

Участок пути	Объект топологии	l, м	δi, м	N	V, м/мин	q, м/мин	D, м ² /м ²	ti, мин	tск, мин	tp+tnэ, мин
0	операторская	3,50	6,00	5	100,00	2,98	0,03	0,035	0,000	0,535
1	Дверь_01	0,00	0,80	5	6,11	22,32	0,90	0,000	0,107	0,642
2	коридор	5,56	2,00	5	100,00	2,20	0,02	0,056	0,000	0,698
3	Дверь_02	0,00	0,80	5	98,30	5,50	0,06	0,000	0,000	0,698
4	Выход_01	0,54	1,54	5	100,00	2,86	0,03	0,005	0,000	0,703

Время выхода из помещения операторской – 0,698 мин.

Время выхода из здания АЗС – 0,703 мин.

Расчет времени блокирования

Время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара определяется путем выбора из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара минимального времени:

$$\tau_{\text{бл}} = \min \{ t_{\text{кр}}^T, t_{\text{кр}}^{\text{П.В}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г}} \}$$

Критическая продолжительность пожара по каждому из опасных факторов определяется как время достижения этим фактором критического значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола. Критические значения по каждому из опасных факторов составляют:

по повышенной температуре - +70°С;

по тепловому потоку - 1400 Вт/м²

по потере видимости - 20 м;

по пониженному содержанию кислорода - 0,226 кг·м⁻³;

по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (СО₂ - 0,11 кг·м⁻³, СО - 1,16·10⁻³ кг·м⁻³, HCL - 23·10⁻⁶ кг·м⁻³).

Для расчета времени блокирования используются упрощенные формулы интегральной модели согласно приложению 5 [5]:

по повышенной температуре:

$$t_{\text{кр}}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_o}{(273 + t_o) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}$$

по потере видимости:

$$t_{\text{кр}}^{\text{н.в.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{\text{пр}} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}$$

по пониженному содержанию кислорода:

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}$$

по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

$$t_{кр}^{m.z.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}$$

$$B = \frac{353 \cdot C_P \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q}$$

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right), \text{ при } H \leq 6 \text{ м}$$

$$A = 1,05 \cdot \Psi_F \cdot v^2$$

Табл. 36. Исходные данные для расчета

Параметр	Ед. изм.	Значение
Общие параметры		
Начальная температура воздуха в помещении	°С	25
Свободный объем (от геометрического)	%	80
a — Коэффициент отражения предметов		0,3
E — Начальная освещенность	лк	50
l _{пр} — Предельная дальность видимости в дыму	м	20
d — Разность высот пола	м	0
Размеры помещения операторской		
L	м	6
W	м	3,5
H	м	3
Размеры здания АЗС		
L	м	9
W	м	6
H	м	3
Параметры горючей нагрузки		
Название		Подсобные и бытовые помещения
h — Коэффициент полноты сгорания		0,93
Q — Низшая теплота сгорания	МДж/(кг·К)	14
ψf — Удельная массовая скорость выгорания жидкости	кг/(м ² ·с)	0,029
v — Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0042
L _{O2} — Удельный расход кислорода	кг/кг	1,161
D _m — Дымообразующая способность горящего материала	Нп·м ² /кг	53
Макс. выход CO ₂	кг/кг	0,642
Макс. выход CO	кг/кг	0,037
Макс. выход HCl	кг/кг	0
Распространение огня		Круговое распространение

Табл. 37. Расчетные показатели

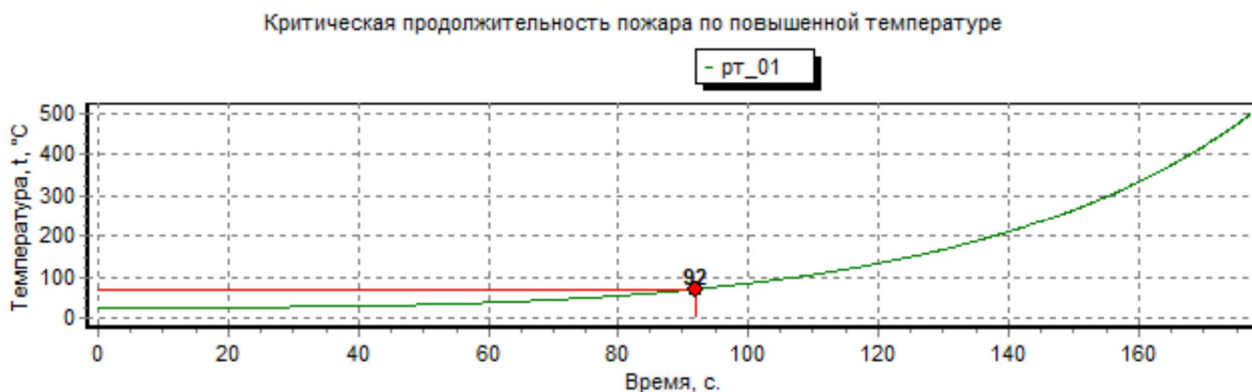
Параметр	Ед. изм.	Значение
Помещение операторской		
Свободный объем помещения ($V_{св}$)	м ³	50,4
Размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения (B)	кг	3,648426
Показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени (n)		3
Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара (A)	кг/с ⁿ	0,000001
Безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения (Z)		1,25276
Здание АЗС		
Свободный объем помещения ($V_{св}$)	м ³	129,6
Размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения (B)	кг	9,381666
Показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени (n)		3
Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара (A)	кг/с ⁿ	0,000001

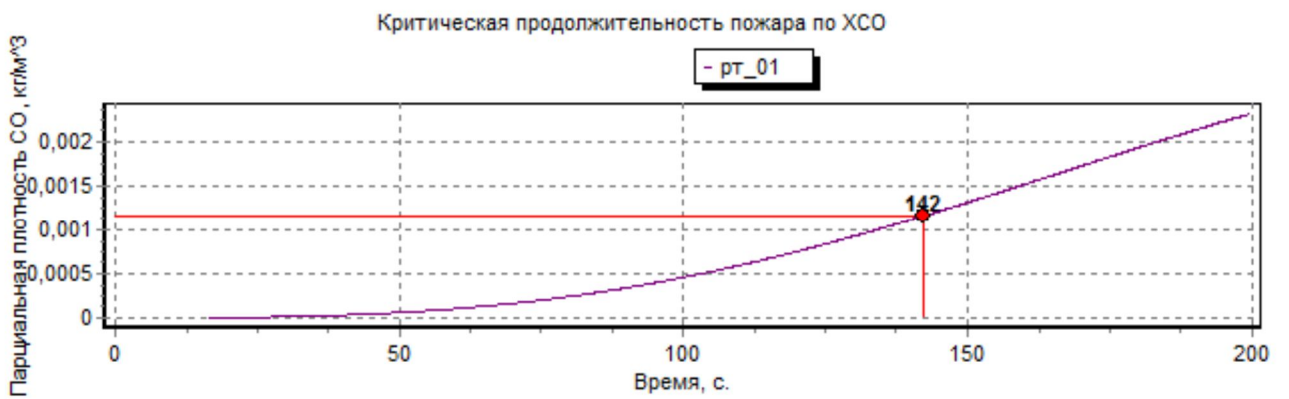
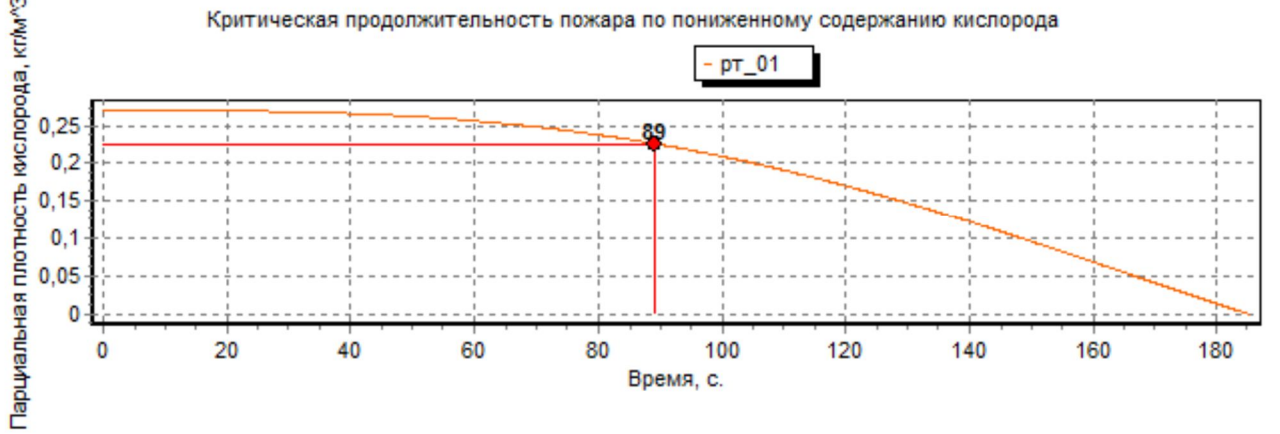
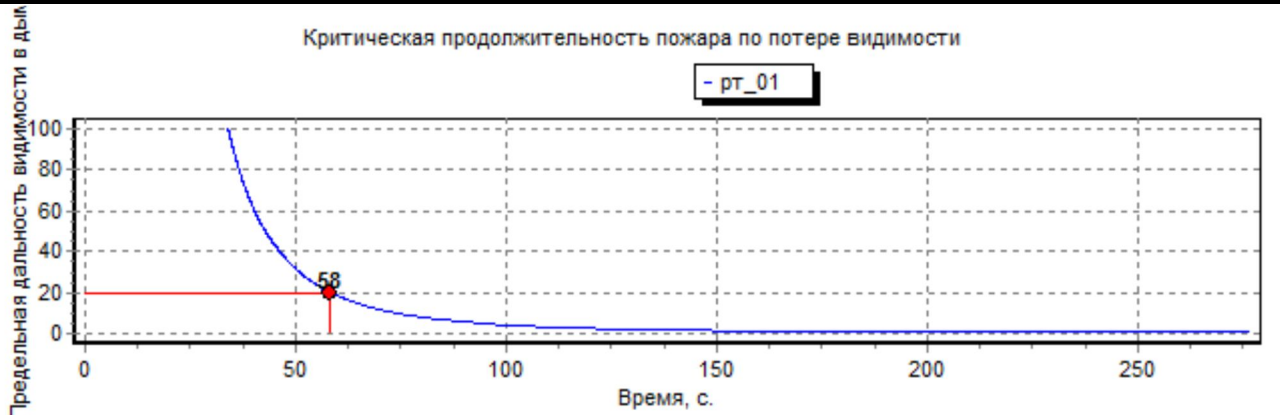
Табл. 38. Результаты расчета ОФП

Параметр	Ед. изм.	Помещение операторской	Здание АЗС
0,8* время блокирования	мин.	0,777	1,064
Время блокирования	с	58,25	79,803
По повышенной температуре	с	91,777	125,736
По потере видимости	с	58,25	79,803
По пониженному содержанию кислорода	с	89,196	122,2
По ХСО ₂	с	Не опасно	Не опасно
По ХСО	с	142,298	194,95
По Х _{HCL}	с	Не опасно	Не опасно

Графики зависимости ОФП от времени приведены ниже.

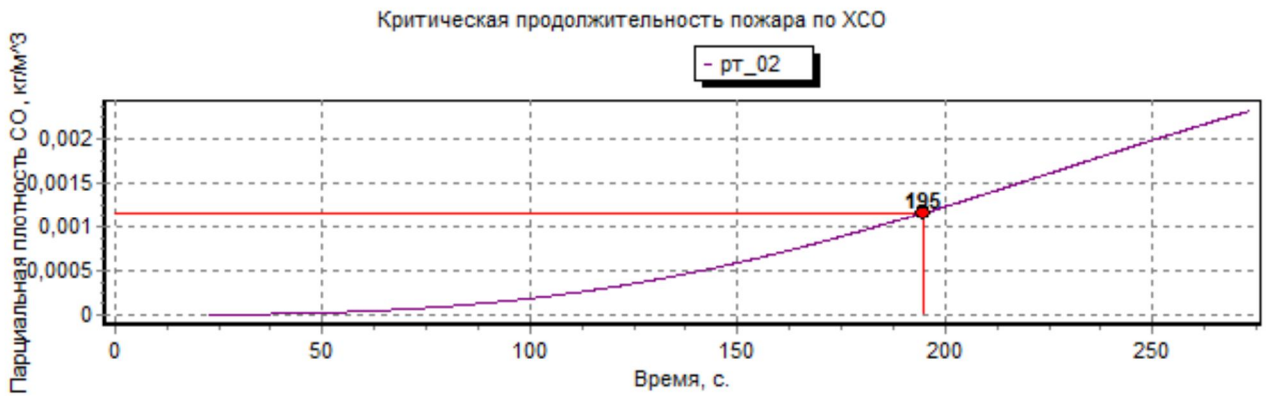
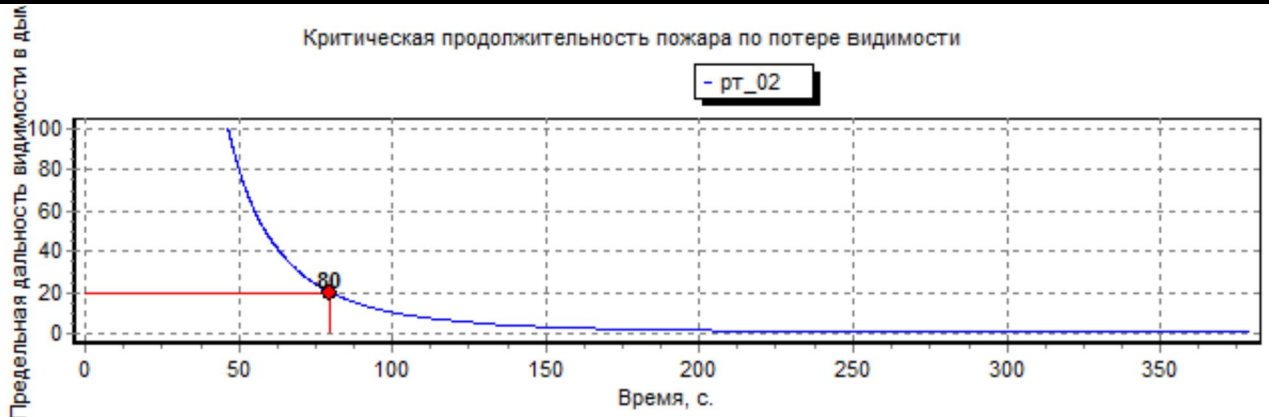
В операторской:





Во всем здании:





*Условная вероятность поражения человека
опасными факторами пожара*

Вероятность эвакуации по путям эвакуации определяется по формуле:

$$P_{\text{Э.Пij}} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot \tau_{\text{бlij}} - t_{\text{Pij}}}{\tau_{\text{H.Э}}}, & \text{если } t_{\text{Pij}} < 0,8 \cdot \tau_{\text{бlij}} < t_{\text{Pij}} + \tau_{\text{H.Эij}} \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{Pij}} + \tau_{\text{H.Эij}} \leq 0,8 \cdot \tau_{\text{бlij}} \\ 0,001, & \text{если } t_{\text{Pij}} \geq 0,8 \cdot \tau_{\text{бlij}} \end{cases}$$

	0,8*тбл, мин	tp+tнэ, мин	Рэ.п.	Ра.в.
Помещение операторской	0,777	0,698	0,999	0,001
Здание	1,064	0,703	0,999	0,001
			0,999	0,001

Вероятность эвакуации $P_{\text{Э}}$ определяется по формуле:

$$P_{\text{Эij}} = 1 - (1 - P_{\text{Э.Пij}}) \cdot (1 - P_{\text{Д.Вij}}) = 0,999001.$$

Технические средства по обеспечению безопасности людей в здании операторской отсутствуют, $D_{ij} = 0$.

Условная вероятность поражения человека определяется по формуле:

$$Q_{\text{dij}} = (1 - P_{\text{Эij}}) \cdot (1 - D_{ij}) = 0,000999.$$

Вклад в потенциальный риск от сценария «Пожар в здании» составляет:

$$P_i = Q_j \cdot Q_{\text{dij}} = 5,76 \cdot 10^{-4} \cdot 0,000999 = 5,75 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

6.2. Потенциальный пожарный риск на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта

На основании полученных зависимостей условной вероятности гибели человека от расстояния до очагов пожара (центра паровоздушного облака) и частот возникновения соответствующих пожароопасных сценариев определены величины потенциального пожарного риска на различном удалении от мест пролива жидкости (табл. 39 – табл. 41).

Для нахождения суммарного потенциального риска в некоторой точке территории объекта производится суммирование величин потенциального риска от всех поражающих факторов пожара.

Табл. 39. Потенциальный пожарный риск гибели человека в результате воздействия теплового потока при горении бензина на площади пролива

Расстояние от края пролива	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
0	5,981E-05	5,419E-06	2,635E-05	2,315E-05	1,781E-06	2,804E-03
1	3,258E-05	1,160E-06	3,426E-06	2,920E-06	3,470E-07	1,401E-03
2	2,523E-05	1,032E-06	3,152E-06	1,227E-06	3,130E-07	9,254E-04
3	2,012E-05	9,651E-07	2,922E-06	2,972E-07	2,695E-07	7,005E-04
4	1,676E-05	9,212E-07	2,696E-06	4,549E-08	2,129E-07	6,112E-04
5	1,468E-05	8,861E-07	2,468E-06	3,349E-09	1,521E-07	5,770E-04
6	1,345E-05	8,532E-07	2,237E-06	1,069E-11	9,753E-08	5,598E-04
7	1,274E-05	8,198E-07	2,007E-06	0,000E+00	5,546E-08	5,450E-04
8	1,232E-05	7,848E-07	1,781E-06	0,000E+00	2,715E-08	5,278E-04
9	1,204E-05	7,480E-07	1,562E-06	0,000E+00	1,058E-08	5,063E-04
10	1,181E-05	7,092E-07	1,354E-06	0,000E+00	2,710E-09	4,799E-04
12	1,137E-05	6,270E-07	9,776E-07	0,000E+00	9,231E-12	4,121E-04
14	1,082E-05	5,406E-07	6,679E-07	0,000E+00	0,000E+00	3,266E-04
16	1,011E-05	4,531E-07	4,289E-07	0,000E+00	0,000E+00	2,306E-04
18	9,218E-06	3,678E-07	2,568E-07	0,000E+00	0,000E+00	1,359E-04
20	8,144E-06	2,878E-07	1,417E-07	0,000E+00	0,000E+00	5,920E-05
22	6,909E-06	2,158E-07	7,077E-08	0,000E+00	0,000E+00	1,549E-05
24	5,556E-06	1,538E-07	3,122E-08	0,000E+00	0,000E+00	1,836E-06
26	4,160E-06	1,029E-07	1,173E-08	0,000E+00	0,000E+00	7,552E-08
28	2,826E-06	6,371E-08	3,572E-09	0,000E+00	0,000E+00	8,091E-10
30	1,681E-06	3,572E-08	8,276E-10	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
32	8,359E-07	1,765E-08	1,344E-10	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
34	3,284E-07	7,431E-09	1,296E-11	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
36	9,594E-08	2,565E-09	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
38	1,970E-08	6,964E-10	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
40	2,727E-09	1,429E-10	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
42	2,466E-10	2,126E-11	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
44	1,159E-11	2,018E-12	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
46	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
48	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
50	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00

Табл. 40. Потенциальный пожарный риск гибели человека в результате воздействия волн давления при взрыве паровоздушного облака

Расстояние от центра облака	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
19	2,177E-07	5,194E-08	1,638E-07	0,000E+00	2,318E-14	5,529E-06
20	2,443E-07	6,503E-08	1,807E-07	0,000E+00	1,379E-14	5,066E-06
22	2,760E-07	8,311E-08	1,999E-07	0,000E+00	3,897E-15	4,148E-06
25	2,888E-07	9,568E-08	2,050E-07	0,000E+00	0,000E+00	2,956E-06
30	2,661E-07	9,705E-08	1,846E-07	0,000E+00	0,000E+00	1,598E-06
35	2,251E-07	8,863E-08	1,532E-07	0,000E+00	0,000E+00	8,452E-07
40	1,826E-07	7,719E-08	1,221E-07	0,000E+00	0,000E+00	4,464E-07
45	1,446E-07	6,543E-08	9,506E-08	0,000E+00	0,000E+00	2,378E-07
50	1,129E-07	5,451E-08	7,302E-08	0,000E+00	0,000E+00	1,283E-07
55	8,734E-08	4,489E-08	5,562E-08	0,000E+00	0,000E+00	7,026E-08
60	6,717E-08	3,666E-08	4,215E-08	0,000E+00	0,000E+00	3,908E-08
65	5,149E-08	2,977E-08	3,186E-08	0,000E+00	0,000E+00	2,207E-08
70	3,940E-08	2,408E-08	2,406E-08	0,000E+00	0,000E+00	1,266E-08
75	3,014E-08	1,943E-08	1,817E-08	0,000E+00	0,000E+00	7,362E-09
80	2,307E-08	1,565E-08	1,373E-08	0,000E+00	0,000E+00	4,337E-09
85	1,767E-08	1,259E-08	1,040E-08	0,000E+00	0,000E+00	2,585E-09
90	1,356E-08	1,013E-08	7,892E-09	0,000E+00	0,000E+00	1,555E-09
100	8,039E-09	6,568E-09	4,580E-09	0,000E+00	0,000E+00	5,708E-10
105	6,211E-09	5,294E-09	3,503E-09	0,000E+00	0,000E+00	3,445E-10
110	4,812E-09	4,272E-09	2,688E-09	0,000E+00	0,000E+00	2,045E-10
135	1,400E-09	1,496E-09	7,487E-10	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
150	6,904E-10	8,136E-10	3,608E-10	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
300	1,575E-12	4,285E-12	6,063E-13	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00

**Табл. 41. Потенциальный пожарный риск гибели человека
в результате пожара-вспышки**

Расстояние от центра облака	При F ₁	При F ₂	При F ₃	При F ₄	При F ₅	При F ₆
1	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	1,847E-06	1,421E-07	9,535E-05
2	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	1,847E-06	1,421E-07	9,535E-05
3	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	1,847E-06	1,421E-07	9,535E-05
4	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	1,847E-06	1,421E-07	9,535E-05
5	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	1,421E-07	9,535E-05
6	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	1,421E-07	9,535E-05
7	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	1,421E-07	9,535E-05
8	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	1,421E-07	9,535E-05
9	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	1,421E-07	9,535E-05
10	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	1,421E-07	9,535E-05
12	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	9,535E-05
14	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	9,535E-05
16	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	9,535E-05
18	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	9,535E-05
20	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	9,535E-05
22	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	9,535E-05
24	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
26	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
28	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
30	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
32	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
34	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
36	1,822E-06	1,843E-07	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
38	0,000E+00	1,843E-07	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
40	0,000E+00	1,843E-07	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
42	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
44	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
46	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
48	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
50	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00

6.3. Индивидуальный пожарный риск на территории объекта

Значение индивидуального пожарного риска для отдельного работника из числа персонала зависит от особенностей его деятельности и доли времени, которое работник проводит на различных участках (зонах) объекта, характеризующихся различными значениями потенциального риска.

Территория объекта разделена на характерные зоны (рис. 12):

- зона 1 – резервуарный парк;
- зона 2 – сливная площадка;
- зона 3 – здание операторской;
- зона 4 – территория под навесом;
- зона 5 – трансформаторная.



Рис. 12. Разделение территории объекта на зоны

Вероятность присутствия работника на территории рассматриваемого объекта оценивалась исходя из следующих предпосылок.

Режим работы операторов АЗС – четырехсменный (сутки через трое). Следовательно, доля времени нахождения каждого оператора на территории объекта составляет 0,25. В течение этого времени он постоянно находится в здании операторской (зона 3).

Режим работы мастера по обслуживанию оборудования АЗС – 4 часа в месяц. Следовательно, доля времени его нахождения на территории объекта составляет $4/(24 \cdot 30) = 0,0056$. При этом распределение его рабочего времени по зонам составляет: зона 3 – 60%, зона 4 – 25%, остальные зоны – по 5%.

Расчет и результирующие значения индивидуального пожарного риска персонала на территории объекта приведены в табл. 42.

Границы проливов жидкости, образующихся при рассматриваемых пожароопасных ситуациях показаны на рис. 13.

Табл. 42. Расчет индивидуального пожарного риска на территории объекта

	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 4	Зона 5	Сел. зона
Расстояние от края пролива						
F ₁	0	21,1	57,5	54,5	75,3	101
F ₂	0	19,5	55,9	52,9	73,7	99,4
F ₃	9,1	0	28,3	25,6	49,9	125
F ₄	22,5	0	38,4	29,4	60,9	139,5
F ₅	21,5	0	37,4	28,4	59,9	138,5
F ₆	18,1	0	34,0	25,0	56,5	135,1
Расстояние от центра пролива						
F ₁	0	27,6	66,7	60,6	86,6	112
F ₂	0	26,0	66,7	60,6	86,6	112
F ₃	19,1	0	38,3	35,6	59,9	135
F ₄	23	0	38,9	29,9	61,4	140
F ₅	23	0	38,9	29,9	61,4	140
F ₆	23	0	38,9	29,9	61,4	140
Потенциальный риск						
От тепл. потока	2,027E-04	2,864E-03	3,572E-09	1,867E-06	0,000E+00	0,000E+00
От взрыва	1,433E-07	1,121E-07	6,698E-08	7,640E-08	3,668E-08	9,833E-09
От пожара-вспышки	9,680E-05	2,006E-06	0,000E+00	1,447E-06	0,000E+00	0,000E+00
Суммарный	2,996E-04	2,866E-03	7,055E-08	3,390E-06	3,668E-08	9,833E-09
Доля времени нахождения людей в зонах						
Оператор	0	0	1	0	0	
Мастер	0,05	0,05	0,6	0,25	0,05	
Люди в селит. зоне						1
Вероятность нахождения людей						
Оператор	0	0	0,25	0	0	
Мастер	0,000278	0,000278	0,003333	0,001389	0,000278	
Люди в селит. зоне						1
Индивидуальный риск на территории объекта и в прилегающей селитебной зоне						
Оператор	1,764E-08					
Мастер	8,842E-07					
Люди в селитебной зоне	9,833E-09					

К индивидуальному пожарному риску на территории объекта, определенному для оператора, необходимо добавить индивидуальный пожарный риск в здании операторской ($5,75 \cdot 10^{-7} \cdot 0,25 = 1,44 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$).

Итоговые значения индивидуального пожарного риска составят: для оператора – ($1,616 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$), для мастера – ($8,842 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$).



Рис. 13. Границы образующихся проливов ЛВЖ

6.4. Индивидуальный и социальный пожарный риск в жилой зоне вблизи объекта

В соответствии с п.42 [5] для людей, находящихся в жилой зоне вблизи объекта, индивидуальный пожарный риск принимается равным величинам потенциального риска в этой зоне с учетом доли времени присутствия людей. При этом для зданий, сооружений и строений классов Ф1 по функциональной пожарной опасности эта доля принимается 100%.

Ближайший от рассматриваемого объекта жилой дом расположен в 112 м от центра образующегося паровоздушного облака, с максимальным избыточным давлением взрыва (рис. 14).



Рис. 14. Расстояние от центра паровоздушного облака до жилого дома

Суммарный потенциальный риск в этой точке составляет $9,833 \cdot 10^{-9}$ год⁻¹ (табл. 42), следовательно, индивидуальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта не превышает $9,833 \cdot 10^{-9}$ год⁻¹.

Согласно п.43 [5] социальный пожарный риск в селитебной зоне принимается равным частоте возникновения событий, ведущих к гибели 10 и более человек.

В радиусе 300 м от объекта (зона действия опасных факторов пожара) находится не более 100 жилых домов. Исходя из этого, принималось, что количество людей в прилегающей селитебной зоне – не более 600.

Максимальная условная вероятность поражения в селитебной зоне (на расстоянии 110 м) составляет 0,015 (рис. 10).

Максимальное прогнозируемое количество погибших – не более $600 \cdot 0,015 = 9$ чел.

Следовательно, социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта равен нулю.

Вывод

В результате проведенной работы определены значения пожарного риска:

- индивидуальный пожарный риск персонала на территории и в зданиях объекта составил: для оператора – $1,616 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹, для мастера – $8,842 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹, что не превышает нормативное допустимое значение 10^{-6} год⁻¹;
- индивидуальный пожарный риск, обусловленный возможными пожарами на рассматриваемом объекте, для людей, находящихся в селитебной зоне, составляет $9,833 \cdot 10^{-9}$ год⁻¹, что не превышает нормативное допустимое значение 10^{-8} год⁻¹;
- социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта равен нулю (максимальное прогнозируемое количество погибших – 9 чел.).

Полученные значения пожарного риска не превышают нормативных значений, установленных статьей 93 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [2].

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации 27.12.2002 № 184-ФЗ. О техническом регулировании.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
3. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска. Постановление Правительства РФ от 31.03.2009 № 272.
4. СП 131.13330.2012. Строительная климатология.
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС от 10.07.2009 г. № 404, с изм., утв. приказом МЧС России от 14.12.2010 г. № 649).
6. Гордиенко Д.М., Шебеко А.Ю., Кириллов Д.С. и др. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. – М.: ВНИИПО, 2012. – 242 с.
7. А.А. Абашкин, А.В. Карпов, Д.В. Ушаков и др. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». – М.: ВНИИПО, 2012. – 83 с.