

С.А. Швырков, В.В. Воробьев, Р.К. Ибатулин
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: pbtp@mail.ru)

ОЦЕНКА ПОЖАРНОГО РИСКА ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ ОТ РАСПОЛОЖЕННЫХ ВБЛИЗИ АВТОМАГИСТРАЛИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Представлены результаты расчётной оценки пожарного риска для автомобильной газозаправочной станции от расположенных вблизи автомагистрали сооружений очистки поверхностных сточных вод.

Ключевые слова: автомобильная газозаправочная станция, пожарный риск.

S.A. Shvyrkov, V.V. Vorobyev, R.K. Ibatulin

FIRE RISK EVALUATION FOR AUTOMOTIVE GAS STATION FROM TREATMENT PLANTS LOCATED NEAR THE MOTORWAY

Presents the results of the estimated assessment of fire risk for automotive gas station from water treatment plants of surface wastewater located near the motorway

Key words: automotive gas station, fire risk.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 июня 2015 г.

Протяжённость дорог г. Москвы составляет 3600 км, при этом обеспеченность столицы улично-дорожной сетью в два-три раза ниже, чем у любого другого мегаполиса мира. Важно также отметить, что ежегодно количество автомобилей в столице увеличивается на 5-6 %. Однако в условиях сложившейся плотной городской застройки строительство новых трасс – очень дорогостоящий и проблемный проект, связанный с масштабным освобождением территории. Поэтому важнейшим шагом столичного правительства по решению транспортных проблем города стала реконструкция так называемых вылетных магистралей, на которых появляются заездные карманы на остановках общественного транспорта, подземные и надземные пешеходные переходы, новые парковочные места. Это позволяет убрать часть светофоров с городских дорог, увеличить среднюю скорость движения транспорта и сделать трассы более безопасными как для автомобилистов, так и для пешеходов. По оценкам экспертов, после полного завершения реконструкции пропускная способность каждой трассы увеличивается в среднем на 20-30 % [1].

Неотъемлемой частью проектов реконструкции вылетных магистралей является обустройство сооружений очистки поверхностных сточных вод, которые не всегда удается разместить на отведенной для этого территории. Зачастую это сопряжено с сокращением минимально допустимых противопожарных расстояний до действующих объектов городской застройки.

Ниже, в качестве примера, рассматривается проектируемый **комплекс очистных сооружений поверхностных сточных вод (КОСПСВ)** в связи с реконструкцией автомобильной магистрали в непосредственной близости от действующей **автомобильной газозаправочной станции (АГЗС) с пунктом наполнения баллонов (ПНБ) сжиженным углеводородным газом (СУГ)**. На рис. 1 представлено расположение объектов защиты в ситуационном плане.

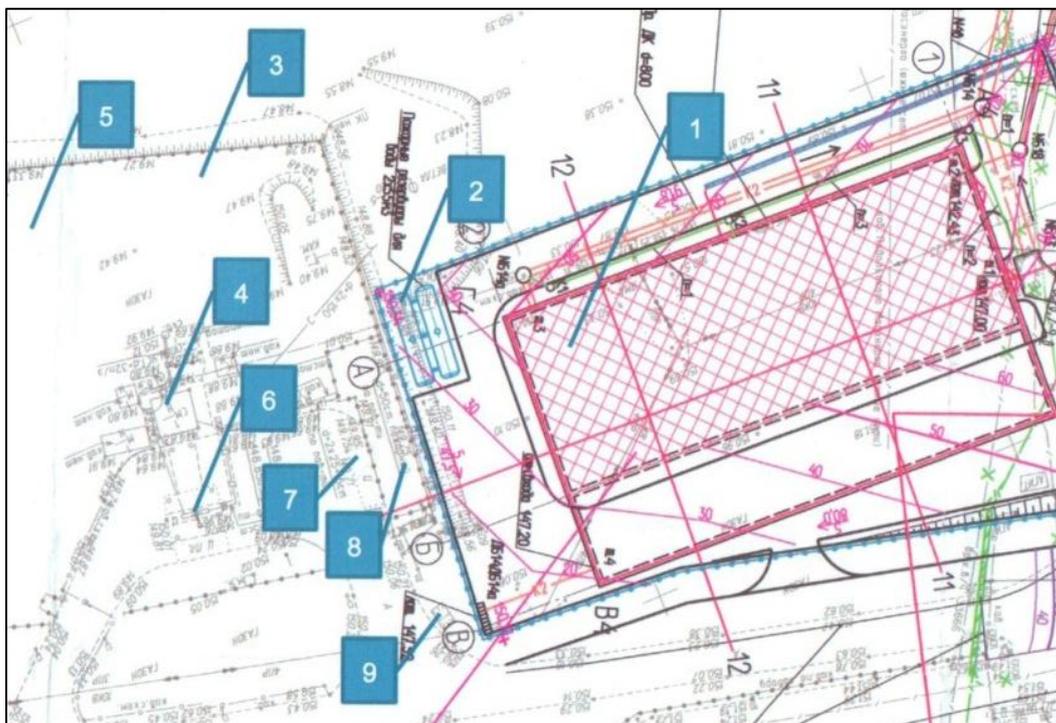


Рис. 1. Расположение объектов защиты в ситуационном плане:

- 1 – проектируемое здание КОСПСВ; 2 – проектируемые резервуары противопожарного запаса воды; 3 – территория АГЗС; 4 – здание операторной АГЗС; 5 – ПНБ СУГ; 6 – топливораздаточные колонки (ТРК) СУГ; 7 – площадка слива СУГ из автоцистерны (АЦ); 8 – площадка резервуаров с СУГ; 9 – место высадки пассажиров

Краткая характеристика объектов защиты

Комплекс очистных сооружений поверхностных сточных вод

На территории, отведенной под строительство КОСПСВ, предполагается разместить следующие здания и сооружения:

- одноэтажное здание комплекса очистных сооружений;
- площадка для временной стоянки грузового автотранспорта ремонтных служб;
- два подземных горизонтальных стальных резервуара противопожарного запаса воды.

Постоянное пребывание людей в КОСПСВ не предусмотрено. Списочный состав и время нахождения ремонтных групп представлены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Списочный состав		
	Всего	Количество приездов в год	Время нахождения, ч
Электромонтер (профилактический осмотр)	1	1	2
Оператор на фильтрах (промывка)	1	50	2
Реагентщик	1	50	2
Оператор на решётке, насосных и компрессорных установках (профилактический осмотр)	1	1	2
Удаление и вывоз мусора из корзин	2	70	1
Размыв, удаление и вывоз осадка, бонов	2	2	5
Подвоз реагента	2	2	2

Автомобильная газозаправочная станция с ПНБ СУГ

Технологическая система (ТС) АГЗС с ПНБ предназначена для заправки газобаллонного автотранспорта (пропускная способность до 210 *авт./сутки*) и бытовых баллонов пропан-бутановой смесью. На территории АГЗС размещены следующие здания и сооружения:

- одноэтажное здание операторной;
- два рабочих надземных одностенных теплоизолированных **горизонтальных стальных резервуара (РГСТ)** с обвязкой для приема, хранения и выдачи СУГ объёмом по 9 м³ каждый (рабочее давление – 1,6 МПа);
- два РГСТ с обвязкой для аварийного приёма СУГ, объёмом по 9 м³ каждый;
- две однорукавные **топливораздаточные колонки (ТРК)** СУГ (производительность – 50 л/мин.);
- площадка для слива СУГ из **автоцистерны (АЦ)** (максимальный объём – 30 м³);
- азотный блок для продувки технологических трубопроводов;
- ПНБ (до 50 л) в составе весовой установки и установки для опорожнения баллона;
- сбросные трубы.

К основным системам безопасности относятся:

- система автоматического контроля концентрации паров СУГ в шахте очистных сооружений, на площадке насосной, на площадке АЦ и возле ТРК с установкой датчиков дозврывоопасных концентраций (при превышении допустимых параметров по уровню и концентрации СУГ предусмотрено автоматическое отключение электропитания насосных блоков, донного клапана и насоса АЦ);

- при приеме СУГ на АГЗС автоматически блокируются операции по заправке автотранспорта;

- для обеспечения охлаждения АЦ с СУГ, надземной части горловин резервуаров СУГ и надземной обвязки резервуаров (до первой запорной арматуры), незащищенных от теплового излучения пожара теплоизоляцией, предусмотрена система водяного орошения с дистанционным пуском из помещения операторной;

- при срабатывании автоматических систем противоаварийной защиты одного из участков АГЗС или на ПНБ предусмотрено автоматическое приведение в действие систем противоаварийной защиты всех технологических участков, обеспечивающих предотвращение дальнейшего развития пожара;

- ПНБ оборудован автоматической пожарной сигнализацией и датчиками дозривоопасных концентраций, при срабатывании которых в автоматическом режиме обеспечивается: подача светового и звукового сигнала; прекращение операций по наполнению резервуаров СУГ; прекращение операций по наполнению бытовых баллонов СУГ; перекрытие запорной арматуры на трубопроводах подачи СУГ в резервуары и паров СУГ в свободное пространство АЦ; отключение всех ТРК, насосного и компрессорного оборудования.

Таблица 2

**Оценка соответствия минимально допустимых расстояний
от проектируемого КОСПСВ до объектов АГЗС**

Оборудование ТС АГЗС, здания и сооружения с этим оборудованием	Минимальные расстояния до проектируемого здания, м		Вывод
	Фактические	Нормативные*	
Площадка АЦ СУГ	22,5	80	Не соотв.
Заправочный островок ТС СУГ	45	80	Не соотв.
ПНБ СУГ	80	80	Соотв.
Насос для слива СУГ в резервуары	20	80	Не соотв.
Насос для подачи СУГ на ПНБ	20	80	Не соотв.
Насос для подачи СУГ на ТРК	20	80	Не соотв.
Резервуары хранения СУГ	17,5	80	Не соотв.
Трубопровод линии наполнения резервуаров СУГ	22,5	80	Не соотв.
Трубопровод подачи СУГ на ПНБ	40	80	Не соотв.
Трубопровод подачи СУГ на ТРК	30	80	Не соотв.
Шланг жидкой фазы СУГ АЦ	22,5	80	Не соотв.
Шланг паровой фазы СУГ АЦ	22,5	80	Не соотв.
Шланг наполнения баллонов СУГ на ПНБ	80	80	Соотв.
Шланг ТРК СУГ	45	80	Не соотв.

* Расстояние принято по таблице Е.1 СП 156.13130.2014 [2], так как резервуары хранения СУГ на АГЗС приравнены к подземным (применена поверхностная огнезащита, выполненная из негорючих материалов и обеспечивающая целостность указанных резервуаров при воздействии на них возможного пожара в течение времени не менее 60 минут, а также работоспособность оборудования, необходимого для их безопасного опорожнения от топлива и его паров. Поверхностная огнезащита выполнена стойкой, как к воздействию огня, так и к воздействию воды при тушении пожара)

Перечень инициирующих пожароопасные ситуации событий

При определении величин потенциального пожарного риска учитывалось возникновение инициирующих пожароопасные ситуации событий на АГЗС, представленное в табл. 3.

Таблица 3

Наименование оборудования	Инициирующее пожароопасные ситуации событие
АЦ; баллон транспортного средства; бытовой баллон	Разгерметизация с последующим истечением жидкой и паровой фаз СУГ
	Огненный шар
РГСТ	Разгерметизация с последующим истечением жидкой и паровой фаз СУГ
Насос для слива СУГ в РГСТ; насос для подачи СУГ на ПНБ; насос для подачи СУГ на ТРК; трубопровод линии наполнения РГСТ СУГ; трубопровод подачи СУГ на ПНБ; трубопровод подачи СУГ на ТРК; шланг жидкой фазы СУГ АЦ; шланг наполнения бытовых баллонов СУГ на ПНБ; шланг ТРК СУГ	Разгерметизация с последующим истечением жидкой фазы СУГ
Шланг паровой фазы СУГ АЦ	Разгерметизация с последующим истечением паровой фазы СУГ

Построение логических деревьев событий

На рис. 2, в качестве примера, приводятся логические деревья событий при разгерметизации ёмкости АЦ с СУГ (здесь: $\lambda_{отв.}$ – частота образования отверстия в ёмкости АЦ; $Q_{АЦ}$ – вероятность нахождения АЦ на территории АГЗС; $Q_{ж.ф.}$ – степень заполнения ёмкости АЦ жидкой фазой; $Q_{мгн.ж.ф.}$ – условная вероятность мгновенного воспламенения СУГ при локальной разгерметизации ёмкости АЦ ниже уровня жидкой фазы; $Q_{посл.ж.ф.}$ – условная вероятность последующего воспламенения СУГ при локальной разгерметизации ёмкости АЦ ниже уровня жидкой фазы; $Q_{шт}$ – повторяемость штилей в регионе расположения АГЗС; $Q_{сд.ж.ф.}$ – условная вероятность сгорания горючего газозвдушного облака при локальной разгерметизации ёмкости АЦ ниже уровня жидкой фазы с образованием избыточного давления; $Q_{п.ф.}$ – степень заполнения ёмкости АЦ паровой фазой; $Q_{мгн.п.ф.}$ – условная вероятность мгновенного воспламенения СУГ при локальной разгерметизации ёмкости АЦ выше уровня жидкой фазы; $Q_{посл.п.ф.}$ – условная вероятность последующего воспламенения СУГ при локальной разгерметизации ёмкости АЦ выше уровня жидкой фазы; $Q_{сд.п.ф.}$ – условная вероятность сгорания горючего газозвдушного облака при локальной разгерметизации ёмкости АЦ выше уровня жидкой фазы с образованием избыточного давления; $\lambda_{полн.разр}$ – частота полного разрушения ёмкости АЦ; $Q_{мгн}$ – условная вероятность мгновенного воспламенения жидкой фазы СУГ при полном разрушении ёмкости АЦ; $Q_{посл}$ – условная вероятность последующего воспламенения СУГ при полном разрушении ёмкости АЦ; $Q_{сд}$ – условная вероятность сгорания горючего газозвдушного облака при полном разрушении ёмкости АЦ с образованием избыточного давления; $\lambda_{воз.ош}$ – частота внешнего воздействия, приводящего к реализации огненного шара; $P_{орош.}$ – условная вероятность эффективной работы системы орошения).

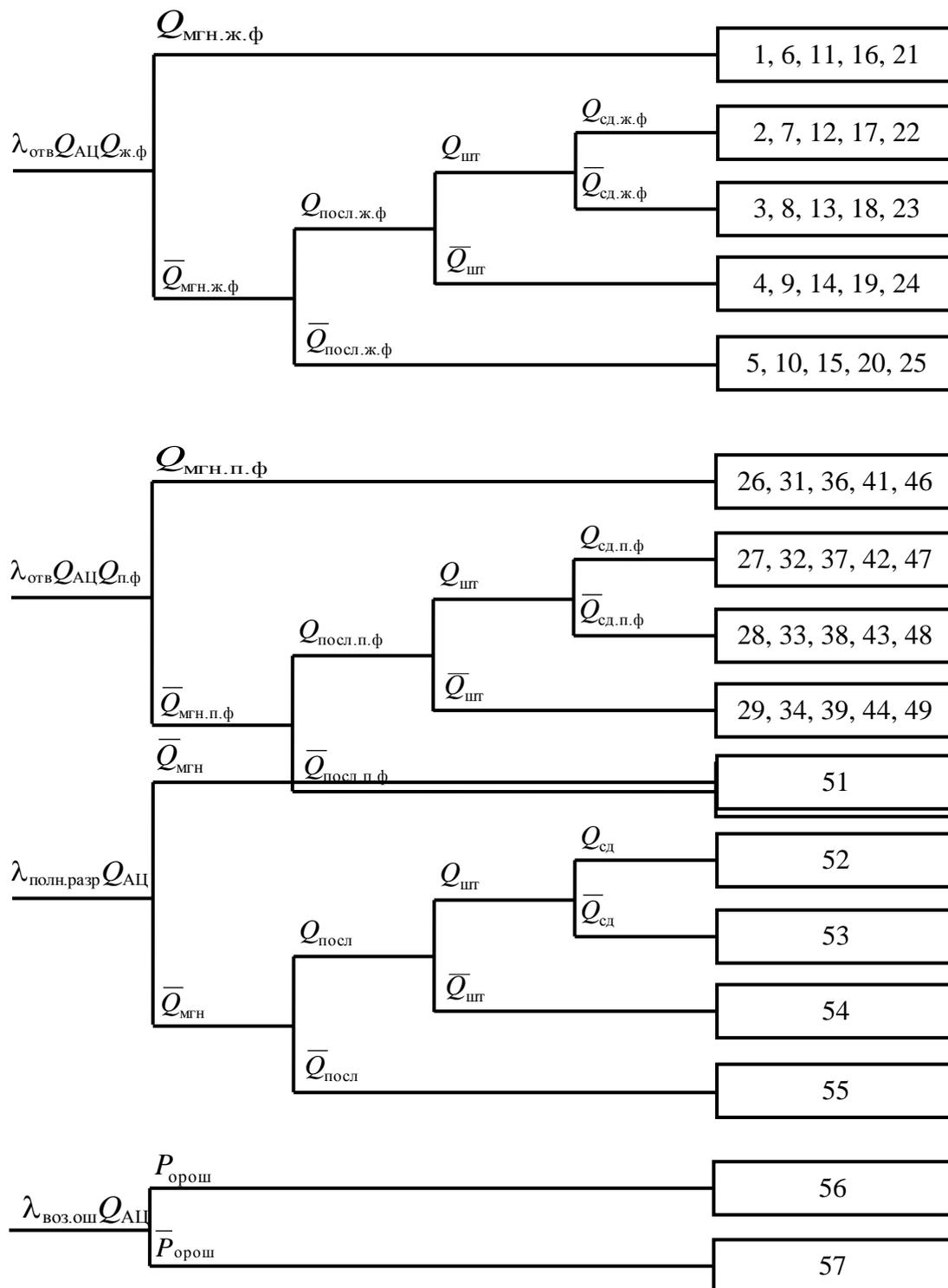


Рис. 2. Логические деревья событий при разгерметизации ёмкости АЦ с СУГ

Сценарии 1, 6, 11, 16, 21 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ ниже уровня жидкой фазы; мгновенное воспламенение жидкой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия; горизонтальный факел.

Сценарии 2, 7, 12, 17, 22 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ ниже уровня жидкой фазы; мгновенного воспламенения жидкой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия, не произошло; пролив жидкой фазы СУГ на территории АГЗС; образование взрывоопасной зоны и её сгорание с образованием волны избыточного давления.

Сценарии 3, 8, 13, 18, 23 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ ниже уровня жидкой фазы; мгновенного воспламенения жидкой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия, не произошло; пролив жидкой фазы СУГ на территории АГЗС; образование взрывоопасной зоны и её сгорание с образованием пожара-вспышки.

Сценарии 4, 9, 14, 19, 24 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ ниже уровня жидкой фазы; мгновенного воспламенения жидкой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия, не произошло; пролив жидкой фазы СУГ на территории АГЗС; образование взрывоопасной зоны не произошло; пожара пролива не произошло вследствие полного испарения жидкой фазы СУГ за расчётное время.

Сценарии 5, 10, 15, 20, 25 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ ниже уровня жидкой фазы; мгновенного воспламенения жидкой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия, не произошло; пролив жидкой фазы СУГ на территории АГЗС; последующего воспламенения жидкой фазы СУГ не произошло.

Сценарии 26, 31, 36, 41, 46 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ выше уровня жидкой фазы; мгновенное воспламенение паровой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия; вертикальный факел.

Сценарии 27, 32, 37, 42, 47 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ выше уровня жидкой фазы; мгновенного воспламенения паровой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия, не произошло; образование взрывоопасной зоны и её сгорание с образованием волны избыточного давления.

Сценарии 28, 33, 38, 43, 48 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ выше уровня жидкой фазы; мгновенного воспламенения паровой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия, не произошло; образование взрывоопасной зоны и её сгорание с образованием пожара-вспышки.

Сценарии 29, 34, 39, 44, 49 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ выше уровня жидкой фазы; мгновенного воспламенения паровой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия, не произошло; образование взрывоопасной зоны не произошло.

Сценарии 30, 35, 40, 45, 50 – локальная разгерметизация ёмкости АЦ выше уровня жидкой фазы; мгновенного воспламенения паровой фазы СУГ, выходящего из образовавшегося отверстия, не произошло; последующего воспламенения паровой фазы СУГ не произошло.

Сценарий 51 – полная разгерметизация ёмкости АЦ; мгновенное воспламенение СУГ, пожар пролива.

Сценарий 52 – полная разгерметизация ёмкости АЦ; мгновенного воспламенения СУГ не произошло; пролив жидкой фазы СУГ на территории АГЗС; образование взрывоопасной зоны и её сгорание с образованием волны избыточного давления.

Сценарий 53 – полная разгерметизация ёмкости; мгновенного воспламенения СУГ не произошло; пролив жидкой фазы СУГ на территории АГЗС; образование взрывоопасной зоны и её сгорание с образованием пожара-вспышки.

Сценарий 54 – полная разгерметизация ёмкости АЦ; мгновенного воспламенения СУГ не произошло; пролив жидкой фазы СУГ на территории АГЗС; образование взрывоопасной зоны не произошло; пожара пролива не произошло вследствие полного испарения жидкой фазы СУГ за расчётное время.

Сценарий 55 – полная разгерметизация ёмкости АЦ; мгновенного воспламенения СУГ не произошло; пролив жидкой фазы СУГ на территории АГЗС; последующего воспламенения жидкой фазы СУГ не произошло.

Сценарий 56 – воздействие внешних опасных факторов пожара; срабатывание системы орошения, образования огненного шара не произошло.

Сценарий 57 – воздействие внешних опасных факторов пожара; срабатывание системы орошения не произошло, образование огненного шара.

Аналогичные деревья событий были построены для остальных пожароопасных ситуаций, реализуемых на АГЗС с ПНБ (см. табл. 3).

Результаты оценки пожарного риска

На рис. 3, в качестве примера, представлено графическое распределение расчётных значений потенциального пожарного риска при нахождении АЦ на территории АГЗС.

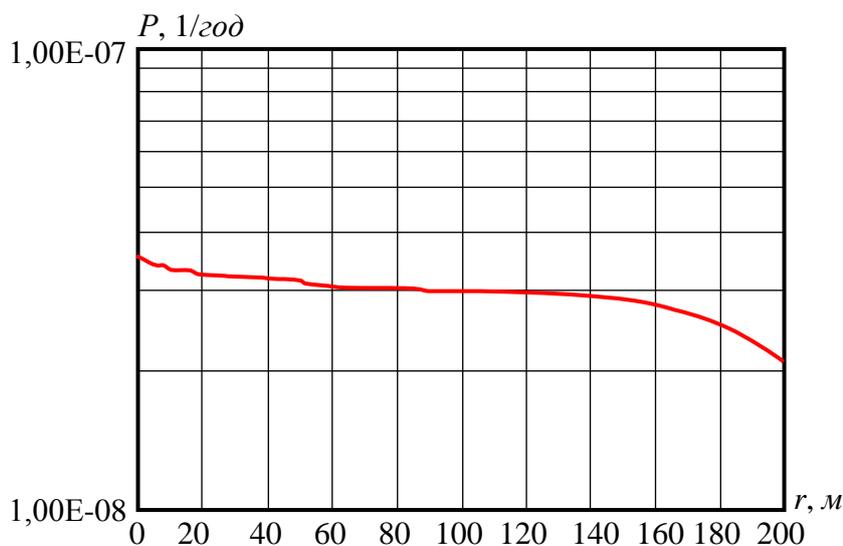


Рис. 3. Распределение потенциального пожарного риска при нахождении АЦ на территории АГЗС

Аналогичные распределения потенциального пожарного риска были получены для остальных пожароопасных ситуаций, реализуемых на АГЗС с ПНБ (табл. 3).

В соответствии с "Методикой определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах" [3] величина индивидуального пожарного риска R_m ($год^{-1}$) для работников в здании очистных сооружений, водителей транспортных средств на АГЗС и пассажиров на площадке их посадки и высадки определялась по формуле:

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

где $P(i)$ – величина потенциального риска в i -й области территории объекта, $год^{-1}$;

q_{im} – вероятность присутствия работника m в i -й области территории объекта (табл. 1).

Результаты расчётного определения величин индивидуального пожарного риска, а также их сравнение с нормативными показателями [4], для работников в проектируемом здании очистных сооружений приведены в табл. 4, для водителей транспортных средств на территории АГЗС – в табл. 5, для пассажиров, ожидающих на площадке высадки и посадки окончания заправки транспортных средств, – в табл. 6.

Таблица 4

Вывод о соответствии индивидуального пожарного риска для работников в проектируемом здании очистных сооружений нормативным значениям

Должность работника	Расчётное значение индивидуального пожарного риска, $1/год$	Нормативное значение индивидуального пожарного риска, $1/год$	Вывод о соответствии
Электромонтер	1,37E-07	не более 1,00E-06; не более 1,00E-04 (если предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска)	соответствует
Оператор на фильтрах	6,59E-06		соответствует
Реагентщик	6,59E-06		соответствует
Оператор на решётке, насосных и компрессорных установках	1,37E-07		соответствует
Рабочий (удаление и вывоз мусора из корзин)	4,78E-06		соответствует
Рабочий (размыв, удаление и вывоз осадка, бонов)	6,84E-07		соответствует
Рабочий (подвоз реагента)	2,73E-07		соответствует

Вывод о соответствии индивидуального пожарного риска для водителей транспортных средств на АГЗС нормативным значениям

Наименование	Расчётное значение индивидуального пожарного риска, 1/год	Нормативное значение индивидуального пожарного риска, 1/год	Вывод о соответствии
Водитель	2,22E-08	не более 1,00E-06	соответствует

Вывод о соответствии индивидуального пожарного риска для пассажиров, ожидающих на площадке высадки и посадки окончания заправки транспортных средств, нормативным значениям

Наименование	Расчётное значение индивидуального пожарного риска, 1/год	Нормативное значение индивидуального пожарного риска, 1/год	Вывод о соответствии
Пассажир	3,70E-09	не более 1,00E-06	соответствует

Выводы

На основании расчётных величин пожарных рисков и требований [2, 4] для обеспечения пожарной безопасности проектируемого объекта защиты необходимо:

- в связи с превышением нормативных значений индивидуального пожарного риска в проектируемом здании КОСПСВ предусмотреть меры по обучению работников действиям при пожаре и по их социальной защите, компенсирующие работу в условиях повышенного риска, для следующего персонала: оператор на фильтрах, реагентщик, рабочий по удалению и вывозу мусора из корзин (табл. 4, выделено цветом);

- в связи с возможным негативным воздействием поражающих факторов, возникающих на АГЗС при различных сценариях развития пожароопасных ситуаций, с целью предотвращения гибели и травмирования людей на объекте защиты, а также недопущения распространения возможного пожара в условиях сокращения минимально допустимых расстояний между КОСПСВ и АГЗС (табл. 2), необходимо торцевую стену здания очистных сооружений, обращенную к АГЗС, выполнить глухой, противопожарной 1-го типа.

Таким образом, в результате расчётного определения пожарного риска для автомобильной газозаправочной станции с пунктом наполнения бытовых баллонов сжиженным углеводородным газом вблизи проектируемого комплекса очистных сооружений, в связи с реконструкцией автомобильной магистрали, при условии выполнения предложенных дополнительных мероприятий противопожарной защиты, показана возможность размещения АЦ на отведённой территории, что может быть использовано для проектирования аналогичных объектов.

Литература

1. *Дорожное строительство*. <http://stroi.mos.ru/dorozhnoe-stroitelstvo>.
2. *СП 156.13130.2014*. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности.
3. *Методика* определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах, утверждённая приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404.
4. *Федеральный закон* РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".