



*Номер регистрации в реестре Ассоциации
"ОПВО", СРО-№27 от 24.12.2009 г.*

Заказчик: АО "Троица"

*Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица".
Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица"
с установкой промежуточной емкости (1000м³ в
количестве 1 шт.) и РВС-3000 м³ (в количестве 1 шт.)
слива/налива нефтепродуктов железнодорожных и
автомобильных цистерн (II этап)»*

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

*Раздел 9 "Перечень мероприятий по обеспечению
пожарной безопасности"*

050-19-ПБ



Номер регистрации в реестре Ассоциации
"ОПВО", СРО-№27 от 24.12.2009 г.

Заказчик: АО "Троица"

*Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица".
Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица"
с установкой промежуточной емкости (1000м³ в
количестве 1 шт.) и РВС-3000 м³ (в количестве 1 шт.)
слива/налива нефтепродуктов железнодорожных и
автомобильных цистерн (II этап)»*

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 9 "Перечень мероприятий по обеспечению пожарной безопасности"

050-19-ПБ

*шифр: 050-19-ПБ
договор: ЗАО-2018/1610*

Главный инженер проекта

Анисимов В.О.

*П-086335
28.09.2018*

2020

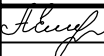


Взам. инв. N

Подп. и дата

Инв. N подл.

Содержание тома		
Обозначение	Наименование	Примечание
050-19-ПБ.С	Содержание тома	
050-19-СП	Состав проекта	
050-19-ПБ.ПЗ	Пояснительная записка	
050-19-ПБ	Ситуационный план М1:1000	
050-19-ПБ	План эвакуации из помещения насосной	

Инв. N подл.	Подп. и дата	Взам. инв. N
--------------	--------------	--------------

						050-19-ПБ.С				
Изм.	Кол.уч.	Лист	Ндок.	Подпись	Дата					
Разработал	Елисеева					Содержание тома		Стадия	Лист	Листов
								П	1	1
Н.контроль	Анисимов							АО НПО "Техкранэнерго"		
ГИП	Анисимов									




<p align="center"><i>Состав проекта</i></p>	
---	--

Инв. N подл.	Подп. и дата	Взам. инв. N

Инв. N подл.	Подп. и дата

Инв. N подл.	
--------------	--

						050-19-СП
Изм.	Кол.уч.	Лист	Ндок.	Подпись	Дата	

Разраб.	Сухарикова			Содержание тома
Н.контр.	Анисимов			
ГИП	Анисимов			

Стадия	Лист	Листов
П	1	1

АО НПО
"Техкранэнерго"

Согласовано			

В.О.АНИСИМОВ

Формат A4

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Проектная документация Проектная документация на объект «Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица". Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица" с установкой промежуточной емкости (1000 м³ в количестве 1 шт.) и РВС-3000м³ (в количестве 1 шт.) слива/налива нефтепродуктов железнодорожных и автомобильных цистерн (II этап)»" выполнена на основании:

- технического задания на проектирование;
- заявки на проектирование;
- договора № ЗАО-2018/1610 от 24 июля 2018 г.;
- специальных технических условий на проектирование (СТУ). СТУ разработаны на техническое перевооружение нефтебазы АО «Троица» с учетом установки пяти емкостей (3000 м³ в количестве 4-х шт., 1000 м³ в количестве 1 шт.). В данном проекте предусмотрены мероприятия по установке одного резервуара объемом 3000 м³ и одного резервуара объемом 1000 м³. Проектные работы по установке оставшихся резервуаров будут выполняться дополнительно по отдельному договору;

- расчет по оценке пожарного риска.

Раздел 9 "Перечень мероприятий по обеспечению пожарной безопасности" разработан в строгом соответствии с требованиями следующей нормативно-технической литературы:

1. Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные постановлением Правительства РФ № 1479 от 16.09.2020г.
2. 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
3. 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов".
5. СП 2.13130.2020 "Обеспечение огнестойкости объектов защиты".
6. СП 4.13130.2013 "Ограничение распространения пожара на объектах защиты".
7. СП 8.13130.2020 "Наружное противопожарное водоснабжение".
8. СП 10.13130.2020 "Внутренний противопожарный водопровод".
9. СП 12.13130.2009 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности".
10. ПУЭ – правила устройства электроустановок.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Нефтебаза АО "Троица" является самостоятельным объектов, обеспечивающим перевалку нефтепродуктов. Нефтебаза АО "Троица" расположена по адресу: 164500, г. Северодвинск, Архангельская область, проезд Чаячий, 18.

Взап. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.								
Изм.	Кол.уч	Лист	№	Подп.	Дата						050-19-ПБ	Лист
												2

Участок проектирования располагается на земельном участке с кадастровым номером 29:28:110272:192 площадью 9674 кв.м.

Земельный участок в границах проектных работ представляет собой промышленную застроенную территорию, с наличием технологических установок и оборудования, резервуаров, производственных зданий и сооружений, внутренних ж/д путей, подземных и надземных коммуникаций, автомобильных проездов.

Земельный участок в границах проектных работ граничит:

- с северной стороны – с овощехранилищем и проездом Чаячий;
- с западной и восточной сторон - с производственными зданиями и сооружениями промплощадки;
- с южной стороны – с производственными зданиями и сооружениями промплощадки и далее Никольским устьем Северной Двины.

Нефтебаза АО "Троица" выполняет функцию перевалки нефтепродуктов из железнодорожных цистерн в морские танкеры и автомобильные цистерны. На территории нефтебазы имеется железнодорожный путь для приема железнодорожных вагонов-цистерн, тупик с электрической лебедкой. Объем перевалки не менее 3000 тонн в месяц.

Опасный производственный объект относится к объекту типа – 3.2, III класса опасности в соответствии с 116-ФЗ.

Режим работы 365 дней в году (прием/отпуск).

На территории нефтебазы имеется модульная паровая котельная производительностью 6,4 т/час, для технологических нужд.

На территории нефтебазы установлены два промежуточных резервуара (объемом одного резервуара РВС – 1000 м3), насосная станция с электронасосными агрегатами, две промежуточные емкости объемом 54м3 для слива нефтепродукта с ж/д эстакады в резервуары, пароподогреватели ПМР-13-120, маслобензоотделитель.

В рамках технического перевооружения нефтебазы предусмотрена установка:

- промежуточного резервуара РВС-1000;
- аварийного резервуара РВС-3000;
- насосной станции с тремя электронасосными агрегатами;
- резервуаров РГС-60 – 5 шт.;
- пароподогреватель ПМР 64-30 – 2 шт.;
- электрощитовой (2 модуля);
- маслобензоотделителя;
- ж/д эстакады на два вагона.

Сооружения нефтебазы по взрывопожарной и пожарной опасности относятся к сооружениям категории ВН (СП 12.13130.2009), зоны класса П-III (ПУЭ).

Проезды существующие, подъезд к рассматриваемому участку осуществляется с восточной стороны от местного проезда.

В зоне резервуарного парка устраиваются вновь проектируемые разворотные площадки с покрытием из железобетонных плит.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №							050-19-ПБ	Лист
Изм.	Кол.лч	Лист	№	Подп.	Дата					3

Проезды обеспечивают удобную транспортную связь с объектом проектирования.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Раздел "Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности" разработан в соответствии с законодательством на основе действующих строительных норм и правил, государственных стандартов, норм и правил пожарной безопасности и других документов в области пожарной безопасности. Положения, изложенные в разделе, обеспечивают комплексную и полноценную систему обеспечения пожарной безопасности проектируемых объектов.

Согласно статье 5 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ "ТРОТПБ" система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя:

- систему предотвращения пожара;
- систему противопожарной защиты;
- комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

На проектируемом объекте могут возникнуть непредвиденные аварийные и пожароопасные ситуации. Развитие аварийной ситуации может происходить по следующему сценарию: выброс (разлив) ГЖ, что при наличии источника зажигания может привести к пожару пролива или взрыву с последующим пожаром.

Предотвращение пожара на проектируемом объекте, в соответствии с требованиями главы 13 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ, достигается исключением условий образования горючей среды и(или) исключением условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Исключение условий образования горючей среды обеспечивается следующими способами:

- применение негорючих веществ и материалов;
- ограничение массы и(или) объема горючих веществ и материалов;
- изоляция горючей среды от источников зажигания;
- автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;
- установка пожароопасного оборудования на открытых площадках;
- применение устройств защиты оборудования, исключающих выход горючих веществ.

Исключение условий образования в горючей среде источников зажигания достигается следующими способами:

- применение электрооборудования, соответствующего классу пожарной и(или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №							050-19-ПБ	Листм
Изм.	Кол.лч	Листм	№	Подп.	Дата					4

- применение оборудования и режимов проведения технологического процесса, исключающих образование статического электричества;
- устройство молниезащиты зданий, сооружений, строений и оборудования;
- поддержание безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой;
- применение искробезопасного инструмента при работе горючими жидкостями;
- применение устройств, исключающих возможность распространения пламени из одного объема в смежный.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и(или) ограничение последствий их воздействия обеспечивается следующими способами:

- объемно-планировочные решения зданий, сооружений и наружных установок обеспечивают ограничение распространения пожара за пределы очага;
- устройство эвакуационных путей удовлетворяет требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- основные строительные конструкции с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующие требуемым степеням огнестойкости и классам конструктивной пожарной опасности зданий, сооружения и строений;
- устройство на технологическом оборудовании систем противовзрывной защиты;
- применение первичных средств пожаротушения;
- электрооборудование (машины, аппараты, устройства), контрольно-измерительные приборы, электрические светильники, средства блокировки, телефонные аппараты и сигнальные устройства к ним, устанавливаемые во взрывоопасных зонах классов 0,1,2 должны быть во взрывозащищенном исполнении и иметь уровень взрывозащиты, отвечающих требованиями, предъявляемым ПУЭ, вид взрывозащиты - категории и группе взрывоопасной смеси. Электропроводка, токопроводы и кабельные линии, заземление электрооборудования должны быть выполнены в соответствии с требованиями ПУЭ;
- правильная организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Конструктивное исполнение эвакуационных путей обеспечивает безопасную эвакуацию людей и беспрепятственное движение людей по ним. В здании насосной станции и здании электрощитовой организованы оповещение и управление движением людей по эвакуационным путям (с использованием звукового оповещения и световых оповещателей "ВЫХОД").

В целях организации безопасной эвакуации людей предусматриваются системы обнаружения пожара (установки и системы пожарной сигнализации) и оповещения, которые обеспечивают автоматическое обнаружение пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №							050-19-ПБ	Лист
Изм.	Кол.лч	Лист	№	Подп.	Дата					5

Для обеспечения пожарной безопасности проектом предусмотрены следующие мероприятия:

- применение материалов оборудования и трубопроводов с учетом возможных наиболее неблагоприятных условий их эксплуатации;
- установка резервуаров и оборудования выполнена в соответствии с действующими противопожарными нормами;
- предусмотрена система заземления оборудования;
- электрооборудование применено в соответствии с требованиями взрывопожаробезопасности;
- существуют проезды для автотранспорта;
- предусмотрено антикоррозийное покрытие арматуры, резервуаров, трубопроводов;
- предусмотрена система сигнализации загазованности.

В соответствии с требованиями СО 153-34.21.122-2003 и РД 34.21.122-87 нефтебаза и железнодорожная эстакада относятся к специальным объектам, представляющим опасность для непосредственного окружения. Уровень защиты – III. Категория защиты от ПУМ (прямых ударов молнии) – 0,9.

На территории нефтебазы установлены (существуют) молниеприемники заводского исполнения высотой 25,0 м каждый.

В качестве молниеприемников насосной, железнодорожной эстакады (при нижнем закрытом сливе) и вновь устанавливаемых резервуаров предусмотрен металлический каркас при толщине металла более 4,0 мм. Заземляющие устройства на молниеприемники выполняются из стали угловой равнополочной 50х50х5 мм, длиной 3,0 м. Все вновь устанавливаемое оборудование присоединить сталью полосовой 40х5 мм к существующему заземляющему устройству электрощитовой. Железнодорожную эстакаду и вертикальные резервуары присоединить к заземляющему устройству не менее, чем в двух местах. Предусмотреть объединение заземлителей защиты от прямых ударов молнии, защитного заземления электрооборудования и заземлителя защиты от электростатической индукции.

Защита от статического электричества должна выполняться в соответствии с требованиями правил защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Металлическое и электроприводное неметаллическое оборудование, трубопроводы должны представлять собой на всем протяжении непрерывную электрическую цепь, которая в пределах железнодорожной эстакады должна быть присоединена к контуру заземления не менее, чем в двух точках. Металлические кожухи термоизоляции трубопроводов в пределах сливной эстакады должны обеспечивать непрерывность электрической цепи и быть заземлены через каждые 40-50 м с помощью стальных проводников или путем присоединения непосредственно к заземленным трубопроводам, на которых они смонтированы.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №							050-19-ПБ	Листм		
Изм.	Кол.лч	Листм	№	Подп.	Дата							6

ОБОСНОВАНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЗДАНИЯМИ, СООРУЖЕНИЯМИ И НАРУЖНЫМИ УСТАНОВКАМИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОЖАРНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Расстояния между строениями и сооружениями на территории нефтебазы соответствуют нормам и правилам, за исключением расстояния между резервуаром РВС-3000 с мазутом и существующим зданием овощехранилища (18,2 метра).

Нормативное расстояние от овощехранилища до проектируемого объекта в соответствии с Федеральным законом 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» ст.70, таблица 12 следует принимать как для склада нефтепродуктов категории IIIа до зданий и сооружений, граничащих с нефтебазой производственных объектов – не менее 40,0 м.

Расчетом пожарного риска обосновано фактическое расстояние между резервуаром РВС-3000 с мазутом и существующим зданием овощехранилища.

ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО НАРУЖНОМУ ПРОТИВОПОЖАРНОМУ ВОДОСНАБЖЕНИЮ, ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЕЗДОВ И ПОДЪЕЗДОВ ДЛЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Нефтебаза оборудована существующей системой наружного водоснабжения. Источник водоснабжения – городские сети.

Пожаротушение зданий (операторной, котельной) с расходом 10 л/с предусматривается от существующих пожарных гидрантов, установленных в колодцах на сети водопровода Ду 150 мм.

Для пожаротушения двух резервуаров объемом по 1000 м³, сливноналивных эстакад и устройств для железнодорожных цистерн нефтебаза оборудована системой пенного пожаротушения.

Вода для приготовления раствора пенообразователя средней кратности предусмотрена от существующей станции пожаротушения с емкостями запаса воды (2 шт. по 100 м³). Пополнение запаса воды осуществляется от городских сетей водопровода.

В качестве пенообразующих устройств для системы пожаротушения установлены пеногенераторы с системой сухотрубной обвязки резервуаров, выведенными за обвалование.

Водяное охлаждение принято заборной (морской) водой.

Для охлаждения резервуаров, цистерн имеется передвижная пожарная мотопомпа с напором 100 м и расходом 60 литров в секунду.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №							050-19-ПБ	Лист
Изм.	Кол.чч	Лист	№	Подп.	Дата					7

Место расположение мотопомпы – пирс.

Проезд пожарной техники будет осуществляться по существующим проездам шириной не менее 3,5 м.

**ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ
И ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ,
СТЕПЕНИ ОГНЕСТОЙКОСТИ И КЛАССА
КОНСТРУКТИВНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Насосная станция.

Насосная станция представляет собой одноэтажное каркасное, прямоугольное в плане здание, с размерами в осях 7,46х5,04м. Высота навеса переменная 4,35-4,87 м.

Каркас здания насосной запроектирован из стоек, балок и прогонов.

Стойки опираются на закладные детали железобетонных монолитных стен насосной станции. Сопряжение стоек с фундаментом – жесткое, балок со стойками – шарнирное.

Проектом были приняты следующие сечения основных элементов каркаса: стойки – профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные 140х140х4 по ГОСТ 30245-2003, балки – швеллер горячекатаный 24П по ГОСТ 8240-97, прогоны - швеллер горячекатаный 14П ГОСТ8240-97.

Сварка элементов металлоконструкций производится электродами типа Э-42А по ГОСТ 9467-75*. Сварные соединения выполнять по ГОСТ 5264-80*.

Наружные ограждающие конструкции – стеновые сэндвич-панели. Толщина стеновых панелей принята 100мм, колера стеновых панелей принять согласно паспорту цветового решения.

Крыша здания запроектирована односкатная – сэндвич-панели. Толщина стеновых панелей принята 150мм, колера кровельных панелей принять согласно паспорту цветового решения.

Оконные блоки выполнены из поливинилхлоридных профилей с двойными стеклопакетами по ГОСТ 30674-99.

Двери противопожарные с пределом огнестойкости EI 60. Ворота распашные, противопожарные с пределом огнестойкости EI 60.

Основные характеристики здания:

степень долговечности здания – II

степень огнестойкости здания – IV.

класс функциональной пожарной опасности – Ф5.1

класс конструктивной пожарной опасности зданий – C0.

класс конструктивной пожарной опасности конструкций – K0.

Срок службы зданий и сооружений составляет не менее 25 лет.

Класс сооружений КС-2.

Требуемый предел огнестойкости конструкций здания согласно Федеральному закону от 22.07.2008 №123-ФЗ:

несущие элементы – R15

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №							050-19-ПБ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№	Подп.	Дата					8

ненесущие стены – E15;
покрытие – RE15.

ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОЖАРА

Защита людей при пожаре обеспечивается комплексом эргономических, конструктивных, инженерно-технических решений и организационных мероприятий.

С учетом специфики проектируемого объекта для обеспечения пожарной безопасности повышенную роль играют технические средства противопожарной защиты:

- первичные средства пожаротушения;
- проектной документацией предусмотрена система автоматической пожарной сигнализации, телефонизация, автоматическая система пожаротушения;
- система оповещения и управления эвакуацией людей в случае пожара.

Используемая система обеспечения пожарной безопасности включает мероприятия, обеспечивающие эвакуацию людей и тушение возможного пожара. Система предусматривает соблюдение необходимых противопожарных разрывов до производственных зданий и сооружений, обеспечение подъездов для пожарных автомобилей, применение современных активных и пассивных средств защиты от пожара, молниезащиту сооружения проектируемого объекта. Предусмотрены знаки пожарной безопасности, указывающие места размещения пожарной техники и первичных средств пожаротушения, направления эвакуации, пожароопасные зоны, места для курения.

Для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка должны быть разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 №390 "О противопожарном режиме".

При обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и др.) необходимо сообщить об этом в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию), принять меры по тушению пожара первичными средствами пожаротушения, а также меры по эвакуации людей.

Собственники имущества, в том числе должностные лица и руководители предприятий, лица в установленном порядке ответственные за обеспечению пожарной безопасности, прибывшие к месту пожара обязаны:

- продублировать сообщение о пожаре в пожарную охрану и поставить в известность вышестоящее руководство, диспетчера, ответственного дежурного по объекту;
- в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого все имеющиеся силы и средства;
- проверить работу автоматических систем противопожарной защиты;
- при необходимости отключить электроэнергию (за исключением противопожарной защиты);
- прекратить все работы в зданиях и на территории нефтебазы, кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №							050-19-ПБ	Листм		
Изм.	Кол.чч	Листм	№	Подп.	Дата							9

- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделений пожарной охраны;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию людей и защиту материальных ценностей.

Эвакуационные выходы

Из здания проектируемой насосной станции предусмотрен один эвакуационный выход. Ширина выхода 1,0 м.

На пути эвакуации предусмотрено использование материалов, имеющих соответствующие сертификаты пожарной безопасности с показателями пожарной опасности не выше, чем:

- КМ3 (Г2, В2, Д3, Т2, РП1) – для отделки стен, потолков;
- КМ4 (В2, РП2, Д3, Г2) – для покрытий пола.

ПЕРЕЧЕНЬ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРА

Ближайшая пожарная часть расположена по адресу: г. Северодвинск, ул. Лесная, 48А. Расстояние до проектируемого объекта составляет 4,32 км. Время прибытия пожарных подразделений составляет 4 мин. (ФЗ РФ от 22.0.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» ст.76 – не более 10 мин.).

Для организации действий пожарных подразделений при пожаре на проектируемом объекте специалистами местного гарнизона пожарно-спасательной службы (ПЧ №7, г. Северодвинск) разработан план тушения пожара (ПТП). ПТП составлен в 3 экземплярах, утвержден начальником гарнизона ПЧ№7 г. Северодвинск и собственниками АО "Троица". Первый экземпляр хранится в подразделении гарнизона, в районе выезда которого находится АО "Троица", второй экземпляр – в ЦППС гарнизона, третий экземпляр – у руководителя АО "Троица".

При выполнении строительно-монтажных работ по данной проектной документации план тушения пожара должен быть откорректирован в соответствии с принятыми проектными решениями.

Для обеспечения безопасной деятельности подразделений пожарной охраны при ликвидации пожара на территории предприятия существуют пожарные проезды и подъездные пути с твердым покрытием шириной не менее 3,5 м.

При тушении пожара необходимо обеспечить выполнение требований "Правил по охране труда в подразделениях Государственной противопожарной службы Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ПОТ РО-01-2002)". Дополнительные меры безопасности должны быть предусмотрены в плане пожаротушения с учетом характерных особенностей объекта и развития пожара.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №							050-19-ПБ	Лист
Изм.	Кол.лч	Лист	№	Подп.	Дата					10

Личный состав и иные участники тушения пожара обязаны следить за изменением обстановки: процессом горения, поведением конструкций, состоянием технологического и пожарного оборудования и, в случае возникновения опасности, немедленно предупредить всех работающих на этом участке и руководителя тушения пожара.

При локализации и ликвидации пожаров перед тушением личному составу формирований, совместно с электротехническим персоналом объекта необходимо принять меры по отключению подачи электроэнергии.

Личный состав и иные участники тушения обязаны соблюдать минимально допустимые расстояния до действующих электроустановок.

Перед тушением пожара в электроустановках под напряжением до 110 кВ подразделениям пожарной охраны, аварийно-спасательным формированиям, совместно с электротехническим персоналом объекта произвести надежное заземление пожарных стволов, насосов автомобилей.

При работе с пенообразователем или его раствором личный состав должен быть обеспечен защитными очками или щитками.

Для ориентировки подразделений противопожарной службы предусматриваются указатели мест расположения пожарных гидрантов типового образца.

К системам противопожарного водоснабжения проектируемого объекта обеспечивается постоянный доступ для пожарных подразделений и их оборудования.

СВЕДЕНИЯ О КАТЕГОРИИ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ПОМЕЩЕНИЙ, ОБОРУДОВАНИЯ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК ПО ПРИЗНАКУ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

№ узла по схеме	Наименование технологического узла	Категория производства по взрывной, взрывопожароопасной и пожарной опасности	Классификация взрывоопасной зоны по ПУЭ	Группа процессов по санитарной характеристике	Примечание
2	Промежуточный резервуарный парк (проектируемый)	ВН	П-III	1в, 2г	
1	Насосная станция	В	П-III	1в, 2г	
3	Железнодорожная эстакада, промежуточные резервуары	ВН	П-III	1в, 2г	

Резервуарный парк нефтебазы категорирован как склад категории – IIIa (СП 155.13130.2014 табл.1).

Изм.	Кол.уч	Лист	№	Подп.	Дата	050-19-ПБ	Лист
							12

ПЕРЕЧЕНЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ПОМЕЩЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ, ПОДЛЕЖАЩИХ ЗАЩИТЕ АВТОМАТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ И ОБОРУДОВАНИЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИЕЙ

Автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией оборудуются:

- промежуточный резервуар РВС-1000;
- аварийный резервуар РВС-3000;
- железнодорожная эстакада.

Для тушения пожаров используется пенообразователь ПО-РЗМ, Морпен, 6%, с температурой застывания минус 35°С, предназначенный для работы с морской водой. Пенообразователь совместим со всеми типами пеногенерирующего оборудования, в том числе в автоматических модулях и установках. Пенообразователь при неоднократном замерзании и последующем постепенном оттаивании не теряет своих первоначальных свойств. Гарантийный срок хранения в таре завода-изготовителя – не менее 120 месяцев.

ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ (АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ, ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ, ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ, ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА, ПРОТИВОДЫМНОЙ ЗАЩИТЫ)

Автоматическая система пожаротушения проектируется пенной с установкой на резервуарах генераторов пены средней кратности ГПСС-600. В качестве огнетушащего вещества принята пена низкой кратности (6%), получаемая от существующего пенообразователя и насосной станции. Внутри рассматриваемых резервуаров устанавливаются тепловые извещатели ИП 101 Гранат, по три извещателя для каждого резервуара.

Извещатели подключаются к проектируемому ППКОП Сигнал-10, устанавливаемому в помещении операторной. ППКОП сИгнал-10 подключается к существующей системе АПС и АУПП для управления двумя дренчерными клапанами на подающих линиях трубопровода пожаротушения.

На железнодорожной эстакаде предусматривается установка извещателей пожарных пламени Спектрон 401-Exd-A и ручных извещателей УДП Спектрон 535- Exd-M-01. Извещатели подключаются к проектируемому ППКОП Сигнал-10.

Для управления модулем пенообразователя и насосной пожаротушения предусматривается использование существующего ПКУ Потон-3Н.

Для управления дренчерными клапанами предусматривается установка двух шкафов управления задвижками производства ЗАО НВП Бolid.

Система пенного пожаротушения низкой кратности имеет следующие параметры:

- эффективная высота тушения – 0,5 м;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №

						050-19-ПБ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№	Подп.	Дата		13

- нормативный расход – не менее 18 л/с;
- продолжительность подачи пены – не менее 25 минут;
- давление диктующего оросителя – 0,5 МПа;
- расход секции – 22,69 л/с;
- напор для секции – 0,804 МПа

ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Организационно-технические мероприятия включают:

- организацию пожарной охраны в соответствии с действующим законодательством;
- привлечение пожарно-технических средств обеспечения пожарной безопасности;
- организацию обучения работающих правилам пожарной безопасности в порядке, установленном правилами пожарной безопасности;
- разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;
- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;
- определение порядка хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств;
- разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей.

Система обеспечения пожарной безопасности проектируемых объектов включает в себя следующие организационно-технические мероприятия, обязательные к реализации в процессе эксплуатации объектов:

- назначение лиц, персонально ответственных за пожарную безопасность отдельных территорий, зданий, сооружений, технологического оборудования, за содержание в исправном состоянии систем противопожарной защиты и пожарной техники;
- установление на объектах соответствующего противопожарного режима;
- своевременное выполнение предписаний государственных надзорных органов;
- обеспечение объектов первичными средствами пожаротушения, пожарной техникой и оборудованием, огнетушащими средствами, а также средствами противопожарной пропаганды.

РАСЧЕТ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ УГРОЗЫ ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЮ ЛЮДЕЙ И УНИЧТОЖЕНИЮ ИМУЩЕСТВА

См. приложение.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взап. инв. №

Изм.	Кол.чч	Лист	№	Подп.	Дата	050-19-ПБ	Лист
							14

Схема планировочной организации земельного участка М1:500

Условные обозначения:

- граница участка;
- проектир. сооружения;
- проектир. проезд с бетонным покрытием;
- сущ. здания и сооружения;
- сущ. бетонное покрытие;
- сущ. щебеночное покрытие;
- сущ. ограждение;
- направление движения автотранспорта;
- координаты на местности.

Экспликация зданий и сооружений

Номер на плане	Наименование	Примечание
1	Подогреватель намота	проектир.
2	Насосная станция темных нефтепродуктов ГЖ	проектир.
3	Емкость для нефтепродуктов V=60 куб.м (5 шт.)	проектир.
4	Ж/д эстакада слива-налива на 2 поста	проектир.
5	Резервуарный парк	проектир.
6	Мачта освещения	проектир.
7	Электрошлюзовая	проектир.
8	Бензомаслоотделитель	проектир.
9	Автомобильная стоянка	сущ.
10	Бензомаслоотделитель	сущ.

Баланс территории участка с КН# 29:28:110272:192

№п/п	Наименование	Количество		Примечание
		м ²	%	
	Площадь территории по ГПЗУ	9674,0	100	
1	Площадь застройки, в том числе:	3600,0	37,21	
	– проектируемой	2485,0		
2	Площадь твердых покрытий, в том числе:	4966,0	51,34	
	– проектируемых	570,0		
3	Площадь озеленения	1108,0	11,45	

Существующий производственно-противопожарный водопровод

Пожарные резервуары

Существующий производственно-противопожарный водопровод

Ситуационный план земельного участка. М1:500

050-19-ПБ

АО "Троица" 164520, г. Северодвинск, Архангельская область, проезд Чайная, 18

Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица" (состоявшей промышленной емкости 1000м³ в количестве 1 шт.) РВС-3000 м³ (в количестве 1 шт.) слива/налива нефтепродуктов железнодорожными и автомобильными цистернами (II этап)

Ситуационный план земельного участка. М1:500

АО НПО "Техтраннефтегаз"

Изм. Кол.ч. Лист. МРЗ. Подпись. Дата

Норм.контр. Анисимов 05.20




ГИП Анисимов 05.20

Разработал Елисеева 05.20

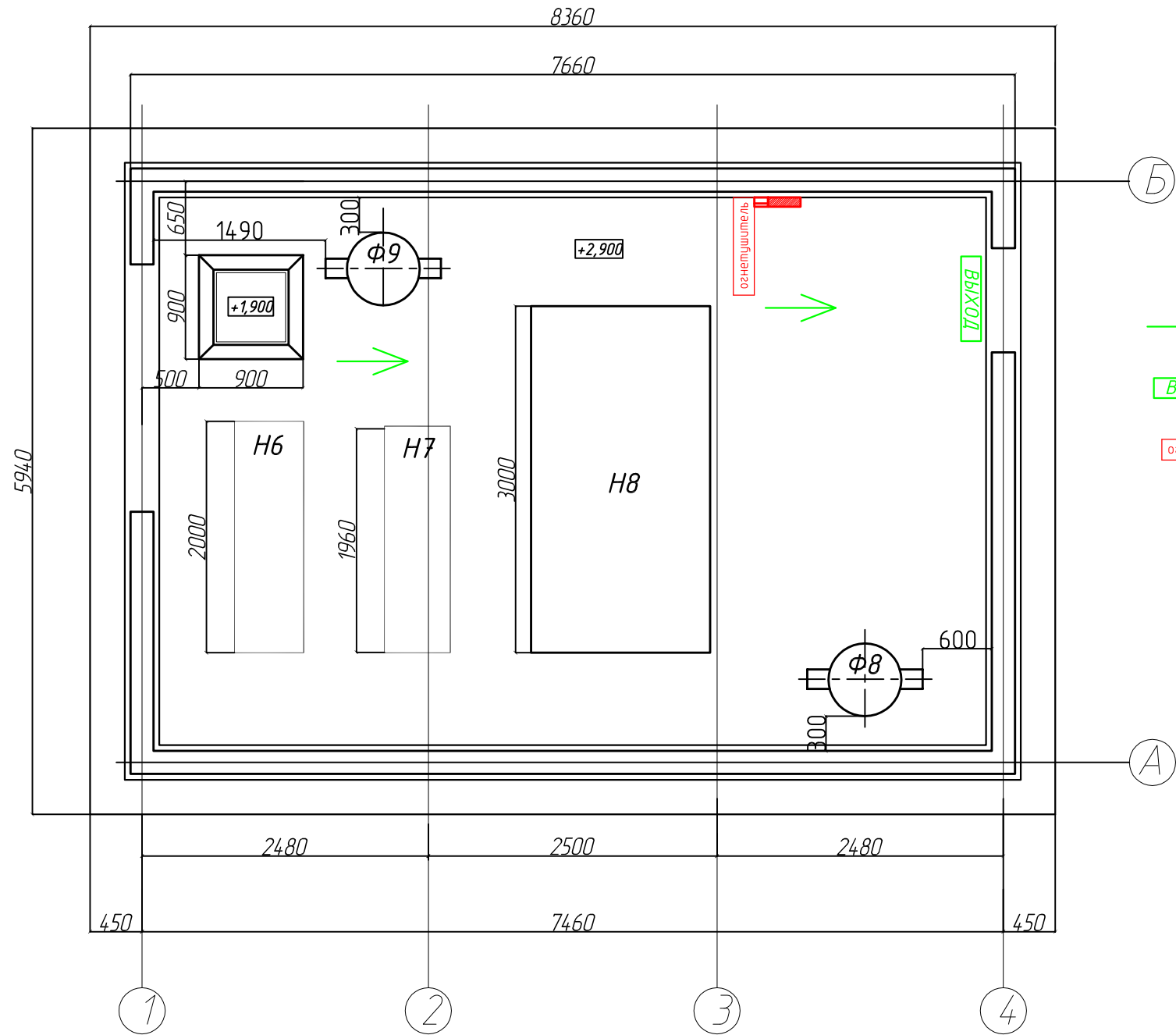
Стадия Лист Листов

П 1

№п/п	Наименование	Количество		Примечание
		м ²	%	
	Площадь территории по ГПЗУ	9674,0	100	
1	Площадь застройки, в том числе:	3600,0	37,21	
	– проектируемой	2485,0		
2	Площадь твердых покрытий, в том числе:	4966,0	51,34	
	– проектируемых	570,0		
3	Площадь озеленения	1108,0	11,45	

						050-19-ПБ
						АО "Троица" 164520, г. Северодвинск, Архангельская область, проезд Чаячик, 18
Изм.	Кол-во	Лист	Мфак	Подпись	Дата	
Норм.контр.	Анисинов				05.20	Техническое переоборудование нефтебаз АО "Троица" Техническое переоборудование нефтебаз АО "Троица" (стандартный проектный вариант, 10000 м³ в комплекте 1 шп.) РЭС-3000 м³ (в комплекте 1 шп.) с/баз/на/база нефтепродуктов, кислородными и атмосферными источниками в объеме
						Ставия
						Лист
						Листов
						П
						1
ГИП	Анисинов				05.20	Ситуационный план земельного участка. М1500
Разработал	Елисеева				05.20	АО НПО "Техкранэнерго"




План эвакуации из помещения насосной



- Условные обозначения:
- направление эвакуации людей.
 - ВЫХОД световой оповещатель "ВЫХОД".
 - озвещатель.
 - щит противопожарный.
 - ящик с песком.

Экспликация помещений

Номер помещения	Наименование	Площадь, м²	Категория помещения	Класс помещения по ПУЭ
1	Склад готовой продукции	310.4	B1	

						050-19-ПБ			
						ЗАО "Троица" 164500, г. Северодвинск, Архангельская область, проезд Чаячий, 18			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	<div>"Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица". "Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица" с установкой промежуточной емкости (1000 куб.м в количестве 1 шт.) и РВС-3000м³ (в количестве 1 шт.) слива/налива нефте- продуктов железнодорожных и автомобильных цистерн (II этап)"</div>	Стадия	Лист	Листов
Разработал	Елисеева						П	2	
Н.контроль	Анисимов								
ГИП	Анисимов								
						План эвакуации из помещения насосной	АО НПО "Техкранэнерго"		

Основание для разработки проекта

В целях раннего обнаружения и локализации пожара и в соответствии с требованиями СП 5.13130.2009, СП 3.13130.2009, СТУ проектом предусматривается оснащение объекта «Техническое перевооружение нефтебазы АО «Троица» с установкой пяти емкостей (3000 м³ в количестве 4-х шт., 1000 м³ в количестве 1 шт.), дополнительно к двум промежуточным емкостям (1000 м³ в количестве 2-х шт.), слива/налива ж/д и автоцистерн» АО «Троица», расположенная по адресу: 164520, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, 18 системой пенного пожаротушения и системой автоматической пожарной сигнализации.

В настоящем проекте все технические мероприятия разработаны в соответствии с требованиями экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории РФ и обеспечивающих безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию комплексной системы, при соблюдении предусмотренных рабочими документами мероприятий.

Проект не содержит впервые примененных или разработанных конструкций, материалов, изделий, оборудования, приборов и технических решений, защищенных авторскими свидетельствами.

Основанием для проектирования послужило техническое задание заказчика.

Гидравлический расчет выполнен в программе ГидРаВПТ-1.5.0913.

Соответствие требованиям руководящих документов

При разработке настоящей проектной документации использовались следующие нормативно-технические и информационные материалы:

- Федеральный закон №123 от 22 июля 2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- Свод правил СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. «Эвакуационные пути и выходы»;
- Свод правил СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности»;
- Свод правил СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. «Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»;
- Свод правил СП 6.13130.2009. Системы противопожарной защиты. «Электрооборудование. Требования пожарной безопасности»;
- Свод правил СП 118.13330.2012 "Общественные здания и сооружения"
- Свод правил СП 89.13330.2012 "Котельные установки".
- Свод правил СП 7.13130.2009 "Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования".

Согласовано				<p>- Федеральный закон №123 от 22 июля 2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».</p> <p>- Свод правил СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. «Эвакуационные пути и выходы»;</p> <p>- Свод правил СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. «Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности»;</p> <p>- Свод правил СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. «Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»;</p> <p>- Свод правил СП 6.13130.2009. Системы противопожарной защиты. «Электрооборудование. Требования пожарной безопасности»;</p> <p>- Свод правил СП 118.13330.2012 "Общественные здания и сооружения"</p> <p>- Свод правил СП 89.13330.2012 "Котельные установки".</p> <p>- Свод правил СП 7.13130.2009 "Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования".</p>						
	Взам. инв. №									
		Подп. и дата								
	Инв. № подл.								050-19-ИОС5.ПЗ	
Изм.		Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
ГИП			Анисимов				Содержание			
Разработал										
Н.контр.			Анисимов							
Проверил										
Утвердил						АО НПО «Техкранэнерго»				
	Стадия	Лист	Листов							
	П		3							

Исходные данные для проектирования

Исходными данными для проектирования послужили:

- техническое задание Заказчика;

- планы объекта;

- СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ на проектирование, в части обеспечения пожарной безопасности объекта: «Техническое перевооружение нефтебазы АО «Троица» с установкой пяти емкостей (3000 м3 в количестве 4-х шт., 1000 м3 в количестве 1 шт.), дополнительно к двум промежуточным емкостям (1000 м3 в количестве 2-х шт.), слива/налива ж/д и автоцистерн» АО «Троица», расположенная по адресу: 164520, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, 18.

Описание системы обеспечения пожарной безопасности объекта капитального строительства. Система автоматического пожаротушения.

Система обеспечения пожарной безопасности (автоматическая установка водяного пожаротушения, далее – АУПТ) проектируется пенной с установкой на резервуарах генераторов пены средней кратности ГПСС-600. В качестве огнетушащего вещества принята пена низкой кратности (6%), получаемая от существующего пенообразователя и насосной станции. Внутри рассматриваемых резервуаров устанавливаются тепловые извещатели ИП 101 Гранат, по три извещателя для каждого резервуара.

Извещатели подключаются к проектируемому ППКОП Сигнал-10, устанавливаемому в помещении операторской. ППКОП Сигнал-10 подключается к существующей системе АПС и АУПП для управления двумя дренчерными кланами на подающих линиях трубопроводов пожаротушения.

На железнодорожной эстакаде предусматривается установка извещателей пожарных пламени Спектрон 401-Exd-A и ручных извещателей УДП Спектрон 535-Exd-M-01. Извещатели подключаются к проектируемому ППКОП Сигнал-10.

Для управления модулем пенообразователя и насосной пожаротушения предусматривается использование существующего ПКУ Потон-3Н.

Для управления дренчерными клапанами предусматривается установка двух шкафов управления задвижками производства ЗАО НВП Болид.

Установка пенного пожаротушения

Проектной документацией в соответствии с СП 5.13130.2009 предусматривается система пенного пожаротушения низкой кратности со следующими исходными параметрами:

- категория помещения 7 по СП 5.13130.2009;

- эффективная высота тушения – 0,5 метра;

- нормативный расход – не менее 18л/сек;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист 2
			050-19-ИОС5.ПЗ						
			Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	

- продолжительность подачи пены – не менее 25 минут;
- давление диктующего оросителя – 0,5МПа;
- расход секции – 22,697л/сек;
- напор для секции – 0,804МПа.

Расчетные параметры спринклерного пожаротушения:

Расход 22,697л/сек.

Давление 0,804МПа.

Требуемый объем воды – не менее 34 куб.м., объем пенообразователя – не менее 2,1 куб.м.

Предусматривается использование существующих емкостей хранения.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист	
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	050-19-ИОС5.ПЗ				3

АКТ

гидравлического испытания от 14.04.2021 г.

о проведении гидравлического испытания питательного трубопровода пожаротушения (2 этап технического перевооружения нефтебазы АО «Троица»).

Основание: Выполнение требований ФНП

Составлен комиссией:

Председатель: ген. директор АО «Троица» Р.Н. Накозин

Члены комиссии: зам.управляющего нефтебазой АО «Троица», Д.А. Воеводкин
гл.энергетик АО «Троица» А.А. Макаров, зам.директора ООО «Тринити» И.С. Самохин

14.04.2021 г. комиссией проведено гидравлическое испытание питательного трубопровода пожаротушения (2 этап технического перевооружения нефтебазы АО «Троица»).

Испытание выполнено в соответствии с требованиями ФНП:

Пробное давление 12,5 кгс/см². Время выдержки под пробным давлением 10 мин. Температура жидкости 30°C. Контрольный манометр установлен на конечном участке трубопровода перед крайней арматурой (манометр зав.№ 00140677, дата следующей поверки декабрь 2021 г., ЗАО «РОСМА г. Санкт-Петербург»).

После выдержки под пробным давлением и понижения до рабочего 9 кгс/см², был выполнен осмотр питательного трубопровода на пожаротушение (2 этап технического перевооружения нефтебазы).

Комиссией установлено: трещин, разрывов, течей, отпотевания в сварных соединениях, основном металле, во фланцевых соединениях и арматуре не обнаружено.

Питательный трубопровод на пожаротушение (2 этап технического перевооружения нефтебазы) гидравлическое испытание выдержал, на конечном участке подтвердил давление напора с параметрами $P=10$ кгс/см².

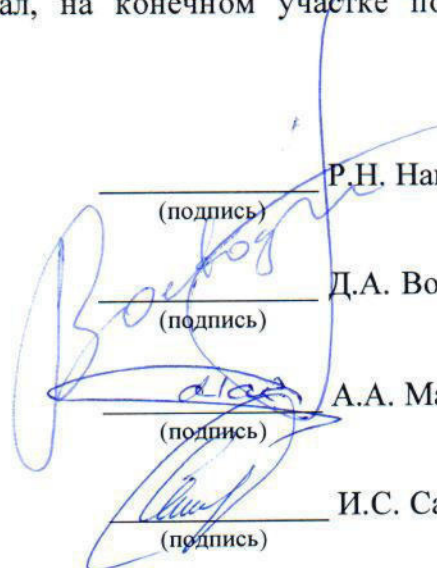
Испытание провели:

Ген. директор АО «Троица»

Зам. управляющего нефтебазой АО «Троица»

Гл. энергетик АО «Троица»

Зам. директора ООО «Тринити»



Р.Н. Накозин
(подпись)
Д.А. Воеводкин
(подпись)
А.А. Макаров
(подпись)
И.С. Самохин
(подпись)

Техническое перевооружение нефтебазы АО "Троица" с установкой промежуточной емкости (1000м3 в количестве 1 шт.) и РВС-3000м3 (в количестве 1 шт.) слива/налива нефтепродуктов железнодорожных и автомобильных цистерн (II очередь)

АО "Троица" 164520, с/пос. Звездный, Архангельская область, проезд Чаячий,

Отчет выполнен и подготовлен с помощью программы «ГидРаВПТ»* в соответствии с «Методикой расчета параметров АУП при поверхностном пожаротушении водой и пеной низкой кратности», изложенной в Приложении «В» СП 5.13.30.2009.

- Р – давление
- Q – расход
- $d_{\text{тр.}}$ – диаметр трубопровода (диаметр условного прохода трубопровода)
- $\zeta_{\text{тр.}}$ – удельная характеристика трубопровода
- № ор. – порядковый номер оросителя на ветви
- $Q_{\text{ор.}}$ – расход оросителя
- Р ор. – давление перед оросителем
- № уч. – номер участка между оросителями на ветви
- р уч. – потери давления на участке трубопровода
- Р у ветви – давление в конце ветви
- L уч. – длина участка трубопровода
- V факт. – скорость воды в трубопроводе
- $Q_{\text{у ветви}}$ – расход всех оросителей, установленных на ветви
- ПК – Пожарный Кран
- Питающий трубопровод-1.1 – участок питающего трубопровода после Ветви
- Питающий трубопровод-1.2 – участок питающего трубопровода после ПК или Дренчерной завесы/Подсекции
- Р в конце тр. – давление в конце трубопровода
- L уч. пк – длина участка от места присоединения трубопровода ПК к питающему трубопроводу до клапана ПК
- $\Delta \eta$ – геометрическая разница в высоте между точкой присоединения трубопровода ПК и клапаном ПК
- Р пк норм./факт. – нормативное/фактическое давление на пожарном кране
- Q пк норм./факт. – нормативный/фактический расход на пожарном кране
- л/с – литров в секунду
- МПа – мегапаскаль

- СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности» раздел 4 «Технические требования» п. 4.1.1, 4.1.10, 4.1.15, 4.2.12.

Характеристика объекта:

52(19)4489(13)5.7(11)814(16)9418(12)8(16)113(10) 1.

17(19)6.9710(12)5675(13)5(15)5(13) 16(19)9.219418(16)202(16)19758(13)17418(16) (23)16(17)10704-91).

Алгоритм расчета (раздел В.1 приложения «В» СП 5.13130.2009):

1. Выбирается в зависимости от класса пожара на объекте вид огнетушащего вещества
2. Осуществляется выбор типа установки пожаротушения
3. Устанавливается тип спринклерной установки пожаротушения (водозаполненная или воздушная).
4. Определяется номинальная температура срабатывания спринклерных оросителей
5. С учетом выбранной группы объекта защиты принимаются интенсивность орошения, расход огнетушащего вещества (ОТВ), максимальная площадь орошения, расстояние между оросителями и продолжительность подачи ОТВ.
6. Выбирается тип оросителя, в соответствии с его расходом, интенсивностью орошения и защищаемой им площадью.
7. Намечаются трассировка трубопроводной сети и план размещения оросителей
8. Выделяется диктующая защищаемая орошаемая площадь на гидравлической план-схеме.
9. Проводится гидравлический расчет автоматической установки пожаротушения (АУП):
 - определяется давление, которое необходимо обеспечить у диктующего оросителя, и расстояние между оросителями;
 - назначаются диаметры трубопроводов для различных участков гидравлической сети АУП;
 - определяется расход каждого оросителя, находящегося в принятой диктующей защищаемой площади орошения и суммарный расход оросителей, защищающих орошаемую ими площадь;
 - производится проверка расчета распределительной сети спринклерной АУП из условия срабатывания требуемого количества оросителей
 - определяется давление в питающем трубопроводе расчетного участка распределительной сети, защищающей принятую орошаемую площадь;
 - определяются гидравлические потери от расчетного участка распределительной сети до пожарного насоса, а также местные потери;
 - рассчитываются с учетом давления на входе пожарного насоса его основные параметры (давление и расход);
 - подбирается по расчетному давлению и расходу тип и марка пожарного насоса.

Основные математические зависимости методики расчета (раздел В.2 приложения «В» СП 5.13130.2009):

1. Расчетный расход воды через диктующий ороситель, расположенный в диктующей защищаемой орошаемой площади, определяют по формуле

$$q = 1,0K\sqrt{P},$$

где q - расход через диктующий ороситель, л/с;

K - коэффициент производительности оросителя, принимаемый по технической документации на изделие, л/(с·МПа^{0,5});

P - давление перед оросителем, МПа.

2. Диаметр трубопровода

$$d = 1000 \sqrt{\frac{4Q}{\pi \mu v}}$$

где d - диаметр между оросителями трубопровода, мм;

Q - расход, л/с;

μ - коэффициент расхода;

v - скорость движения воды, м/с (не должна превышать 10 м/с).

3. Потери давления P на участке L определяют по формуле

$$P = Q^2 L / 100 K_T$$

где Q - суммарный расход оросителей, л/с;

K_T - удельная характеристика трубопровода, л/с;

L - длина трубопровода.

4. Обобщенная характеристика рядка (ветви)

$$B = Q^2 / P$$

5. Расчет спринклерных АУП проводится из условия

$$Q_n \leq Q_c$$

где Q_n - нормативный расход спринклерной АУП;

Q_c - фактический расход спринклерной АУП.

6. Количество оросителей, обеспечивающих фактический расход Q_c спринклерной АУП с интенсивностью орошения не менее нормативной (с учетом конфигурации принятой площади орошения), должно быть не менее

$$n \geq S/\Omega,$$

где n - минимальное количество спринклерных оросителей, обеспечивающих фактический расход Q_c всех типов спринклерных АУП с интенсивностью орошения не менее нормативной;

S - минимальная площадь орошения согласно таб. 5.1 СП 5.13130.2009;

Ω - условная расчетная площадь, защищаемая одним оросителем:

$$\Omega = L^2,$$

здесь L - расстояние между оросителями.

Поскольку давление у каждого оросителя различно (самое низкое давление у диктующего оросителя), необходимо учитывать расход каждого из общего количества N оросителей.

7. Суммарный расход воды дренчерной АУП рассчитывают последовательным суммированием расходов каждого из оросителей, расположенных в защищаемой зоне:

$$Q_d = \sum_{n=1}^n q_n,$$

где Q_d - расчетный расход дренчерной АУП, л/с;

q_n - расход n -го оросителя, л/с;

n - количество оросителей, расположенных в орошаемой зоне.

8. Расход $Q_{АУП}$ спринклерной АУП с водяной завесой

$$Q_{АУП} = Q_c + Q_z,$$

где Q_c - расход спринклерной АУП;

Q_z - расход водяной завесы.

9. Для размещенных противопожарных водопроводов (внутреннего противопожарного водопровода и автоматических установок пожаротушения) допустима установка одной группы насосов при условии обеспечения этой группой расхода Q , равного сумме потребности каждого водопровода:

$$Q = Q_{АУП} + Q_{ВПВ},$$

где $Q_{АУП}$, $Q_{ВПВ}$ - расходы соответственно водопровода АУП и внутреннего противопожарного водопровода.

10. В общем случае требуемое давление пожарного насоса складывается из следующих составляющих:

$$P_H = P_r + P_v + \sum P_m + P_{yy} + P_d + Z - P_{вх} = P_{тр} - P_{вх},$$

где P_H - требуемое давление пожарного насоса, МПа;

P_r - потери давления на горизонтальном участке трубопровода, МПа;

P_v - потери давления на вертикальном участке трубопровода, МПа;

P_m - потери давления в местных сопротивлениях, МПа;

P_{yy} - местные сопротивления в узле управления (сигнальном клапане, задвижках, затворах), МПа;

P_d - давление у диктующего оросителя, МПа;

Z - пьезометрическое давление (геометрическая высота диктующего оросителя над осью пожарного насоса), МПа; $Z = H/100$;

$P_{вх}$ - давление на входе пожарного насоса, МПа,

$P_{тр}$ - давление требуемое, МПа.

11. Потери давления в узлах управления установок РУУ, м, определяются по формуле

$$\text{- в спринклерном } P_{уус} = \xi_{уус} \gamma Q^2 = (\xi_{кк} + \xi_z) \gamma Q^2;$$

$$\text{- в дренчерном } P_{ууд} = \xi_{ууд} \gamma Q^2 = (\xi_{кд} + 2\xi_z) \gamma Q^2,$$

где $\xi_{уус}$, $\xi_{ууд}$, $\xi_{кк}$, $\xi_{кд}$, ξ_z - коэффициенты потерь давления соответственно в спринклерном и дренчерном узле управления, сигнальном клапане и в запорном устройстве (принимается по технической документации);

γ - плотность воды, кг/м³;

Q - расчетный расход воды или раствора пенообразователя через узел управления, м³/ч.

Местные сопротивления (в том числе с учетом потерь в узле управления) допускается принимать равными 20 % сопротивления сети трубопроводов.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ **РОСС RU.СП15.Н00372**

Срок действия с **04.02.2011** по **03.02.2013**

№ **0005684**

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ **РОСС RU.0001.11СП15**

ООО ЦСПС. Орган по сертификации программной продукции в строительстве
125057, г. Москва, Ленинградский просп., д. 63, тел./факс (499) 157-46-71

ПРОДУКЦИЯ **Программа "ГидРаВПТ"**

для гидравлического расчета установок водяного
пожаротушения

код ОК 005 (ОКП):

50 4100

программные средства для общетехнических расчетов, серийный выпуск

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

код ТН ВЭД России:

СП 5.13130.2009, СП 10.13130.2009, ГОСТ Р ИСО 9127-94,
ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

ООО "Погорельцев. Нет"

ИНН 3441037137, Россия, 400033, г.Волгоград, ул.Николая Отрады, д.5, пом.112,
тел. (8442) 50-07-51

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

ООО "Погорельцев. Нет", Россия, 400033, г.Волгоград, ул.Николая Отрады, д.5,
пом.112, тел. (8442) 50-07-51

НА ОСНОВАНИИ

Заключения ООО ЦСПС от 03 февраля 2011 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ **Схема сертификации № 3. Без заверенного**
печатью приложения на 2-х стр. настоящий сертификат не действителен.



Руководитель органа

(подпись)

Т.Н.Бубнова

(инициалы, фамилия)

Эксперт

(подпись)

Ю.К.Родендорф

(инициалы, фамилия)

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

ПРИЛОЖЕНИЕ
к сертификату соответствия № РОСС RU.СП15.Н00372 от 04.02.2011
(без сертификата не действительно)

1. Обозначение программной продукции

Программа "ГидРаВПТ".

2. Название программной продукции

Программа гидравлического расчета установок водяного пожаротушения "ГидРаВПТ".

3. Версия 1.0

4. Назначение программной продукции

Гидравлический расчет установок водяного пожаротушения.

5. Решаемые задачи:

- расчет в соответствии с методикой приложения "В" СП 5.13130.2009;
- расчет самостоятельной установки водяного пожаротушения и расчет установки совмещенной с системой внутреннего противопожарного водопровода;
- учет присоединяемых дренчерных завес;
- подбор насосов с учетом различных схем подключения (параллельно/последовательно);
- учет различного количества рабочих насосов (от 1 до 4 шт.);
- расчет объема пожарного резервуара;
- расчет количества патрубков для присоединения передвижной пожарной техники;
- анализ скорости воды в трубопроводах;
- расчет рекомендуемых диаметров распределительных и питающих трубопроводов;
- расчет потерь от узла управления до оси пожарного насоса;
- расчет минимальных диаметров всасывающих трубопроводов;
- возможность включения/отключения произвольных участков сети трубопроводов с автоматическим пересчетом результатов расчета;
- отдельный ввод высоты размещения диктующего оросителя, узла (узлов) управления и пожарного насоса;
- учет подпора воды на пожарные насосы из водопровода;
- формирование и вывод отчета по проведенному расчету.

6. Соответствует требованиям пунктов нормативных документов по состоянию на 03 февраля 2011 г.

СП 5.13130.2009 "Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования":

- раздел 4. Общие положения, пп.4.1, 4.3,
- раздел 5. Водяные и пенные установки пожаротушения. Подраздел 5.1. Основные положения, пп.5.1.4 - 5.1.6. Подраздел 5.2. Спринклерные установки, пп.5.2.2, 5.2.24. Подраздел 5.3. Дренчерные установки, п.5.3.1.5. Подраздел 5.4. Установки пожаротушения тонкораспыленной водой, п.5.4.14. Подраздел 5.5. Спринклерные АУП с принудительным пуском, п.5.5.1. Подраздел 5.6. Спринклерно-дренчерные АУП, пп.5.6.1, 5.6.5. Подраздел 5.7. Трубопроводы установок, пп.5.7.1, 5.7.3, 5.7.7, 5.7.9, 5.7.35. Подраздел 5.8. Узлы управления, пп.5.8.4, 5.8.5. Подраздел 5.9. Водоснабжение установок и подготовка пенного раствора, пп.5.9.1 - 5.9.3. Подраздел 5.10. Насосные станции 5.10.1, пп.5.10.2, 5.10.20, 5.10.29,



Т.Н.Бубнова

- приложение Б. Группы помещений (производств и технологических процессов) по степени опасности развития пожара в зависимости от их функционального назначения и пожарной нагрузки сгораемых материалов;

- приложение В. Методика расчета параметров АУП при поверхностном пожаротушении водой и пеной низкой кратности.

СП 10.13130.2009 "Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности":

- раздел 4. Технические требования. Подраздел 4.1. Системы противопожарного водопровода, пп.4.1.1, 4.1.10, 4.1.15. Подраздел 4.2. Насосные установки, п.4.2.12.

ГОСТ Р ИСО 9127-94 "Документация пользователя и информация на упаковке потребительских программных пакетов":

- раздел 6. Справочная документация (ОБ). Подраздел 6.1. Обозначение пакета (ОБ), пп.6.1.1, 6.1.3. Подраздел 6.3. Функциональное описание программного средства (ОБ), пп.6.3.1 – 6.3.3. Подраздел 6.5. Использование программного средства (ОБ), пп.6.5.1 – 6.5.3, 6.5.5.

ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 "Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование":

- раздел 3. Требования к качеству. Подраздел 3.1. Описание продукта, пп.3.1.1, 3.1.3. Подраздел 3.2. Документация пользователя, пп.3.2.1 – 3.2.5.

7. Программная документация

Руководство пользователя программы гидравлического расчета водяного пожаротушения "ТидРаВП", 27 с.

Руководитель органа по сертификации
программной продукции в строительстве



Т.Н.Бубнова

⑩④⑨(1)⑦(10)-1

$Q_{8(16)113(19)} = 22,697 \text{ 2/8}$

$P_{8(16)113(19)} = 0,804 \text{ ⑪⑭(1)}$

Оборудование секции и его параметры:

Группы управления:

Наименование и обозначение: Дренчерный клапан, модели F-1, DN150

Производитель: VIKING

16 4 9 (1) 7 (10)-1

Q 8. (16) 1. 13. (19) (19) = 22,697 2./8., P 8. (16) 1. 13. (19) (19) = 0,804 11 14 (11)

Тушение Водой или Раствором пенообразователя?	<input type="radio"/> Вода <input checked="" type="radio"/> Раствор пенообразователя
Водой с добавлением смачивателя?	<input checked="" type="radio"/> Нет <input type="radio"/> Да
Группы помещений (производства и технологических процессов)	7-я по СП 5.13130.2009
Высота помещения, м	0,5
Высота складирования (для складов, группы № 5, 6, 7), м	0
Интенсивность орошения (нормативная), л/с*м кв.	0,100
Нормативный расход (не менее), л/с	18,00
Минимальная площадь орошения, м кв.	90,0
Продолжительность подачи воды (не менее), мин.	25
Нормативное максимальное расстояние между спринклерами, м	3,00
Расстояние между оросителями, м	8,74
Производительность оросителя, К = (расход в Л/Сек) / корень (давление в МПа)	0,8
Площадь, защищаемая одним оросителем с треб. интенсивностью, м кв.	120
Давление диктующего оросителя (по эюре орошения или паспорту), МПа	0,5
Поправка давления на 1-ый ороситель (0-нет), МПа	0,503
Расход диктующего оросителя, л/с	5,674
Геометрическая высота диктующего оросителя секции, м	11,5
Геометрическая высота узла управления секции, м	1,5
К-т потеря давления в узле управления, е = (давление в МПа) / 100 / (расход Л/Сек)^2	-
Потери давления в узле управления, МПа	0,119000
Нормативное количество пожарных кранов (стволов), шт.	0
Нормативный расход одного пожарного кран, л/с	0
Нормативный расход присоединяемых дренчерных завес / подсекций, л/с	0
Расчетный (нормативный) расход секции, л/с	18,00
Количество оросителей на минимальной площади орошения (не менее), шт.	2

1-ая ВЕТВЬ		Оросители			Распределительный трубопровод		
		№ ор.	Q ор.	P ор.	№ уч.	p уч.	P у ветви
L уч. 1-2, м	5	1	5,674	0,503	1-2	0,000122	0,000
dy тр., мм	125-ЭС						
K тр.	13190,000						
V факт., м/с	0,46						
L уч. 2-3, м	15	2	5,674	0,503	2-3	0,001465	0,505
dy тр., мм	125-ЭС						
K тр.	13190,000						
V факт., м/с	0,92						
Q у ветви, л/с	11,348						

2-ая ВЕТВЬ		Оросители			Распределительный трубопровод				
		№ ор.	Q ор.	P ор.	№ уч.	p уч.	P в.	Q в. усл.	Q в. испр.
L уч. 1-2, м	5	1	5,657	0,500	1-2	0,000121	0,000	0,000	0,000
dy тр., мм	125-ЭС								
K тр.	13190,000								
V факт., м/с	0,46								
L уч. 2-3, м	15	2	5,658	0,500	2-3	0,001456	0,502	11,314	11,348
dy тр., мм	125-ЭС								
K тр.	13190,000								
V факт., м/с	0,92								
Q у ветви, л/с	22,697								

⑩ ④ ⑨ (1) ⑦ (10) -1

Q 8. (16) 1. 13. (19) (19) = 22,697 2./8., P 8. (16) 1. 13. (19) (19) = 0,804 ⑪ ⑭ (11)

Питающий трубопровод-2.1	
L уч., м	171
дy тр., мм	125-ЭС
K тр.	13190,000
Вид	<input checked="" type="radio"/> Тупиковый <input type="radio"/> Колышай
V факт., м/с	1,85
p уч., МПа	0,06784
P в конце тр., МПа	0,571

⑭ 5.(15)(12) 5. 7. 4.(11) 8. 5. 8. 5.(13)

⑨ 5. 2.(19) 14.(16) 8. 9.(13) 5. (19) ⑩ 12.(16) 3.(11) 6. 5.(15) 1. 2.(a, 11)(16) 4.(19)(b) 6. 5.(17)(11) 7. 4.18.12. 4.(11) 8. 5. 8. 5.(13):
112⑬⑭⑫ + 112⑮⑭⑫

Q максимальное из секций, л/с	0,000
P максимальное из секций, МПа	0,000

Давление на входе пожарного насоса (Р подпора), МПа	0
---	---

Геометрическая высота оси пожарного насоса, м	0
---	---

Участок подводящего трубопровода - 1	
Длина участка (L уч.), м	
Диаметр трубопровода (d _{у тр.}), мм	
Удельная характеристика трубопровода (K тр.)	0,075
Вид трубопровода	<input checked="" type="radio"/> Тупиковый <input type="radio"/> Кольцевой
Скорость воды в трубопроводе (V факт.), м/с	0,000
Потери давления на участке (p уч.), МПа	0,000000
Давление в конце участка трубопровода (Р в конце тр.), МПа	0,000

Давление с учетом местных потерь, МПа	0,000
---------------------------------------	-------

15 4 16 18 10 7 17 17 6 14 15 13 1 4 3 4 12 12 13 2 13 15 16 2 4 17

14 11 7 11 16 17 18 8 16 13 10

đ 16 113 10 1 - Q = 22,697 2/8, P = 0,804 11 14 11

Расчет по оценке пожарного риска для объекта:

"Техническое перевооружение нефтебазы АО «Троица» с установкой промежуточной емкости (1000 м³ в количестве 1 шт.) и РВС-3000 (в количестве 1 шт.) слива/налива нефтепродуктов железнодорожных и автомобильных цистерн (II очередь)"

Разработчик:

Директор ООО «01 ГРУПП»



В.А. Фомичев

г. НИЖНИЙ НОВГОРОД

2020

Содержание

1.	Введение	5
2.	Анализ пожарной опасности объекта.....	6
2.1.	Анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов.....	6
2.2.	Характеристики технологического оборудования	8
2.2.1.	PBC_01	8
2.2.2.	PBC_02	9
2.2.3.	PBC_03	9
2.2.4.	PBC_04	9
2.3.	Характеристики климатической зоны	9
2.4.	Характеристики территории	10
2.4.1.	Территория объекта	10
2.4.2.	Селитебная зона вблизи объекта.....	10
2.5.	Характеристики горючих веществ и материалов	10
2.5.1.	Мазут	10
2.6.	Определение инициирующих пожароопасные ситуации событий и построение сценариев возникновения и развития пожаров, влекущих за собой гибель людей.....	11
3.	Определение перечня пожароопасных ситуаций и сценариев их развития	12
3.1.	PBC_01	12
3.2.	PBC_02	15
3.3.	PBC_03	18
3.4.	PBC_04	21
4.	Количественная оценка массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в результате возникновения пожароопасных ситуаций.....	24
4.1.	PBC_01	24
4.1.1.	Разгерметизация 25 мм	24
4.1.2.	Разгерметизация 100 мм	25
4.1.3.	Разрушение	27
4.1.4.	Пожар на дыхательной арматуре	29
4.1.5.	Пожар по всей поверхности	29
4.2.	PBC_02	30
4.2.1.	Разгерметизация 25 мм	30
4.2.2.	Разгерметизация 100 мм	32
4.2.3.	Разрушение	34
4.2.4.	Пожар на дыхательной арматуре	36
4.2.5.	Пожар по всей поверхности	36
4.3.	PBC_03	37
4.3.1.	Разгерметизация 25 мм	37
4.3.2.	Разгерметизация 100 мм	39

4.3.3.	Разрушение	41
4.3.4.	Пожар на дыхательной арматуре	43
4.3.5.	Пожар по всей поверхности	43
4.4.	PBC_04	44
4.4.1.	Разгерметизация 25 мм	44
4.4.2.	Разгерметизация 100 мм	46
4.4.3.	Разрушение	48
4.4.4.	Пожар на дыхательной арматуре	50
4.4.5.	Пожар по всей поверхности	50
5.	Построение полей опасных факторов пожара.....	52
5.1.	PBC_01	52
5.1.1.	Разгерметизация 25 мм	52
5.1.2.	Разгерметизация 100 мм	56
5.1.3.	Разрушение	61
5.1.4.	Пожар на дыхательной арматуре	66
5.1.5.	Пожар по всей поверхности	71
5.2.	PBC_02	76
5.2.1.	Разгерметизация 25 мм	76
5.2.2.	Разгерметизация 100 мм	81
5.2.3.	Разрушение	86
5.2.4.	Пожар на дыхательной арматуре	91
5.2.5.	Пожар по всей поверхности	96
5.3.	PBC_03	101
5.3.1.	Разгерметизация 25 мм	101
5.3.2.	Разгерметизация 100 мм	106
5.3.3.	Разрушение	111
5.3.4.	Пожар на дыхательной арматуре	116
5.3.5.	Пожар по всей поверхности	121
5.4.	PBC_04	126
5.4.1.	Разгерметизация 25 мм	126
5.4.2.	Разгерметизация 100 мм	131
5.4.3.	Разрушение	136
5.4.4.	Пожар на дыхательной арматуре	141
5.4.5.	Пожар по всей поверхности	146
6.	Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей.....	152
6.1.	PBC_01	152
6.1.1.	Разгерметизация 25 мм	152
6.1.2.	Разгерметизация 100 мм	154
6.1.3.	Разрушение	157

6.1.4.	Пожар на дыхательной арматуре	160
6.1.5.	Пожар по всей поверхности	163
6.2.	PBC_02	166
6.2.1.	Разгерметизация 25 мм	166
6.2.2.	Разгерметизация 100 мм	169
6.2.3.	Разрушение	172
6.2.4.	Пожар на дыхательной арматуре	175
6.2.5.	Пожар по всей поверхности	178
6.3.	PBC_03	181
6.3.1.	Разгерметизация 25 мм	181
6.3.2.	Разгерметизация 100 мм	184
6.3.3.	Разрушение	187
6.3.4.	Пожар на дыхательной арматуре	190
6.3.5.	Пожар по всей поверхности	193
6.4.	PBC_04	196
6.4.1.	Разгерметизация 25 мм	196
6.4.2.	Разгерметизация 100 мм	199
6.4.3.	Разрушение	202
6.4.4.	Пожар на дыхательной арматуре	205
6.4.5.	Пожар по всей поверхности	208
7.	Вычисление расчетных величин пожарного риска	212
7.1.	Потенциальный риск на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта	212
7.1.1.	Потенциальный риск от оборудования объекта	212
7.2.	Индивидуальный пожарный риск	217
7.2.1.	Индивидуальный пожарный риск в зданиях и на территории объекта.....	218
7.2.2.	Индивидуальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта.....	218
7.3.	Социальный пожарный риск	219
8.	Вывод.....	220
9.	Перечень исходных данных и используемых источников информации.....	221
10.	Приложения.....	222

1. Введение

Согласно статье 6 федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», 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», 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 величин пожарного риска для объекта защиты, сравнение их с нормативными значениями 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» [2], по алгоритмам, изложенным в методике [3].

2. Анализ пожарной опасности объекта

2.1. Анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов

Нефтебаза АО «Троица» является самостоятельным объектом, обеспечивающим перевалку нефтепродуктов (мазут). Нефтебаза АО «Троица» расположена по адресу: 164500, г. Северодвинск, Архангельская область, проезд Чаячий, 18. Нефтебаза АО «Троица» выполняет функцию перевалки мазута с железнодорожных цистерн в морские танкеры и автомобильные цистерны. На территории нефтебазы имеется железнодорожный путь для приема железнодорожных вагонов-цистерн, тупик с электрической лебедкой. Объем перевалки не менее 3000 тонн в месяц.

- по назначению – перевалочная (перевалка с железнодорожного транспорта на водный и автомобильный транспорт) – ВНТП 5-95 раздел 2.

- по транспортным связям – смешанная – ВНТП 5-95 раздел 2.

Общая вместимость:

- 3000 тонн хранение темных нефтепродуктов в резервуарах.

Опасный производственный объект относится к объекту типа - 3.2, III класс опасности по 116-ФЗ [1]. Режим работы 365 дней в году (прием/отпуск). Грузооборот 35000-40000 тон в год – 4 класс в соответствии с ВНТП 5-95 таблица 1. На территории нефтебазы имеется модульная паровая котельная производительностью 6,4 т/час, для технологических нужд. На территории нефтебазы установлены два промежуточных резервуара (объемом одного резервуара РВС – 1000 м³), насосная станция с электронасосными агрегатами, сливноналивная площадка для автоцистерн объемом 33 куб. м, две промежуточные емкости объемом 54м³ для слива мазута с ж/д эстакады в резервуары, пароподогреватели ПМР-12-120, ПМР-64-30, подземные емкости для сбора сточных вод (с нефтепродуктами), две промежуточные емкости для ж.д. эстакады.

В рамках реконструкции нефтебазы, предусмотрена установка:

- промежуточного резервуара РВС-1000,

- аварийного резервуара РВС-3000,

- насосной станции с тремя электронасосными агрегатами

- двух пароподогревателей ПМР 64-30 (перенос демонтированных пароподогревателей)

Сооружения нефтебазы по пожарной опасности относятся к категории ВН (СП 12.13130.2009), зоны класса П-III (ПУЭ). Осуществление противопожарных мероприятий и тушение пожаров в аварийных ситуациях осуществляется силами пожарной части ПЧ-7 г. Северодвинск, ул. Лесная, 48А находящейся на расстоянии 4,32 км от нефтебазы. Прибытие пожарного подразделения в порт составит не более 10 минут. Нефтебаза имеет сооружения для обеспечения противопожарной защиты:

- пенообразователь объемом - 7,5 м³;

- противопожарный водопровод с двумя пожарными гидрантами.

Оснащение нефтебазы первичными средствами пожаротушения соответствует требованиям приложения 3 ППБ 01-03 (применительно). Для защиты окружающей среды от проливов, возможных на территории нефтебазы имеются существующие приемные подземные резервуары для сбора случайных (аварийных) проливов и дождевых стоков.

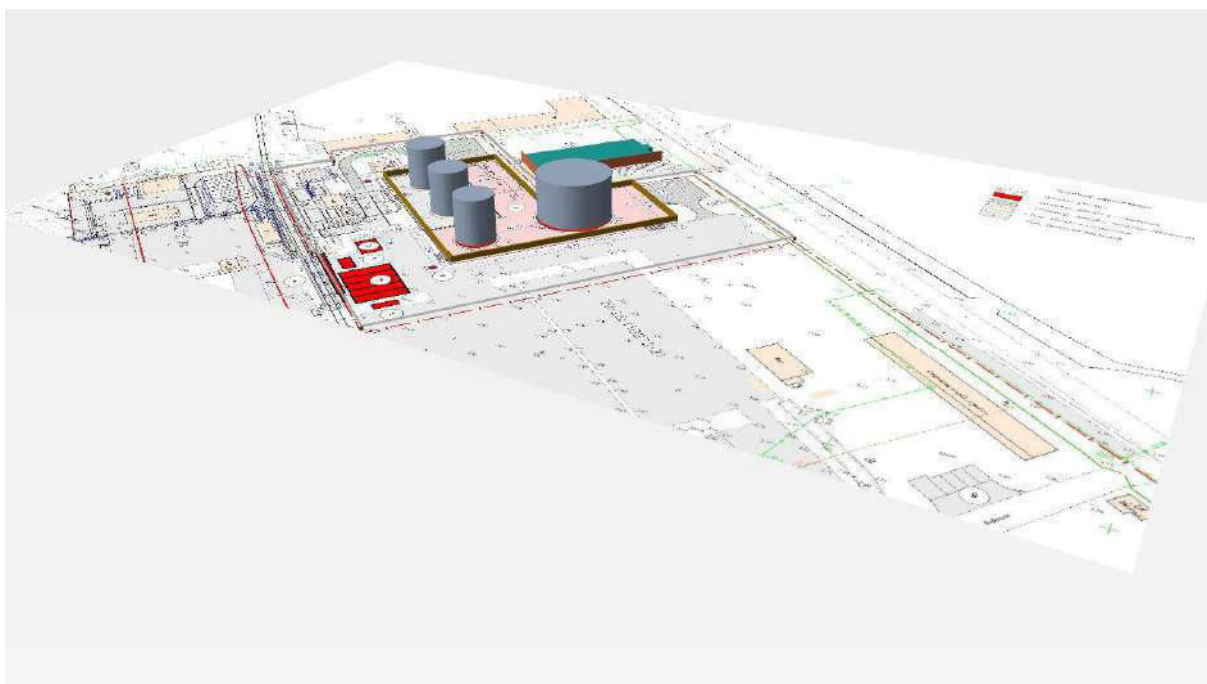
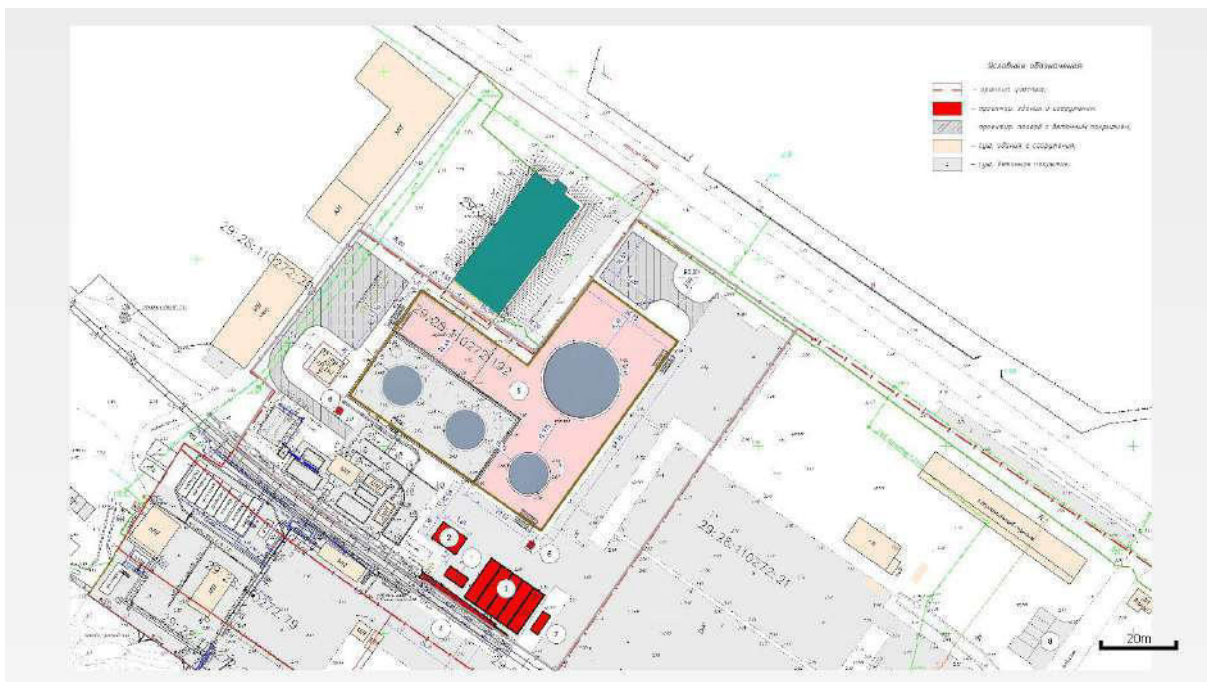
При разработке документации использованы следующие документы:

- план размещения существующего оборудования
- существующая технологическая схема.

Расчетом пожарного риска обосновывается фактическое расстояние между резервуаром РВС-3000 с мазутом и существующим зданием овощехранилища (18.2 метра). В качестве противопожарной преграды между резервуаром и зданием овощехранилища предусматривается установка противопожарной стены высотой не менее 3-х метров с двух сторон здания с превышением габаритов здания с каждой стороны не менее чем на 0,6 метра.

Здание овощехранилища выполнено II степени огнестойкости, класса конструктивной пожарной опасности С0. С двух продольных сторон, в том числе со стороны РВС-3000, стены здания овощехранилища покрыты пологим слоем грунта толщиной не менее 0,5м. Покрытие здания выполнено с применением железобетонной плиты (с гидроизоляцией).

Расчетом определяются значения (поля) теплового потока при различных аварийных ситуациях и определяется значение индивидуального и социального пожарного риска для здания овощехранилища (селитебная зона).



Общий вид модели объекта

2.2. Характеристики технологического оборудования

2.2.1. PBC_01

Параметр	Значение
Горючая нагрузка	Мазут
Типовые аварийные события	да
Объем	3000 м ³
Высота столба жидкости	10,5 м
Температура жидкости	34 °С
Диаметр	20 м
Высота	12 м

2.2.2. PBC_02

Параметр	Значение
Горючая нагрузка	Мазут
Типовые аварийные события	да
Объем	1000 м ³
Высота столба жидкости	10,5 м
Температура жидкости	34 °С
Диаметр	10,5 м
Высота	12 м

2.2.3. PBC_03

Параметр	Значение
Горючая нагрузка	Мазут
Типовые аварийные события	да
Объем	1000 м ³
Высота столба жидкости	10,5 м
Температура жидкости	34 °С
Диаметр	10,5 м
Высота	12 м

2.2.4. PBC_04

Параметр	Значение
Горючая нагрузка	Мазут
Типовые аварийные события	да
Объем	1000 м ³
Высота столба жидкости	10,5 м
Температура жидкости	34 °С
Диаметр	10,5 м
Высота	12 м

2.3. Характеристики климатической зоны

Характеристики климатической зоны приняты по [6] (Архангельская область, Архангельск).

Максимальная температура воздуха в климатической зоне: 34 °С.

Повторяемость ветра:

направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
вероятность, %	19	16	15	11	8	9	7	15
скорость ветра, м/с	4,6	4	4	3,8	3,5	4,3	4,7	4,8

Вероятность штиля: 3 %.

2.4. Характеристики территории

2.4.1. Территория объекта

Граница объекта

Параметр	Значение
Класс загроможденности пространства	III - средне загроможденное пространство
Тип поверхности	Спланированное грунтовое покрытие
Площадь	9661,8 м ²

Обвалование резервуаров

Параметр	Значение
Класс загроможденности пространства	III - средне загроможденное пространство
Тип поверхности	Спланированное грунтовое покрытие
Площадь	2971,7 м ²
Высота обвалования	1,5 м

Противопожарная стена

Параметр	Значение
Высота	3 м

2.4.2. Селитебная зона вблизи объекта

Овощехранилище

Параметр	Значение
Площадь	548,5 м ²
Высота	2 м

2.5. Характеристики горючих веществ и материалов

2.5.1. Мазут

Параметр	Значение
Молярная масса	312,9 кг/кмоль
Плотность жидкости	920 кг/м ³
Температура вспышки	115 °C
Температура кипения	330 °C
Массовая скорость выгорания	0,043 кг/(с·м ²)
Константа Антуана А	6,12439
Константа Антуана В	2240,001
Константа Антуана Са	167,85

2.6. Определение инициирующих пожароопасные ситуации событий и построение сценариев возникновения и развития пожаров, влекущих за собой гибель людей

Для построения множества сценариев возникновения и развития пожароопасных ситуаций на рассматриваемом объекте в соответствии с [3] был использован метод логических деревьев событий. Построение логических деревьев событий, лежащих в основе оценки пожарного риска для рассматриваемого объекта, осуществлялось исходя из следующих предпосылок.

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,
- разрыв линии подачи топлива из ТРК в автомобиле.

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 пожароопасные ситуации 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. Условные вероятности и последовательность событий при возникновении и развитии пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией технологического оборудования, приняты согласно приложению 3 пособия [4].

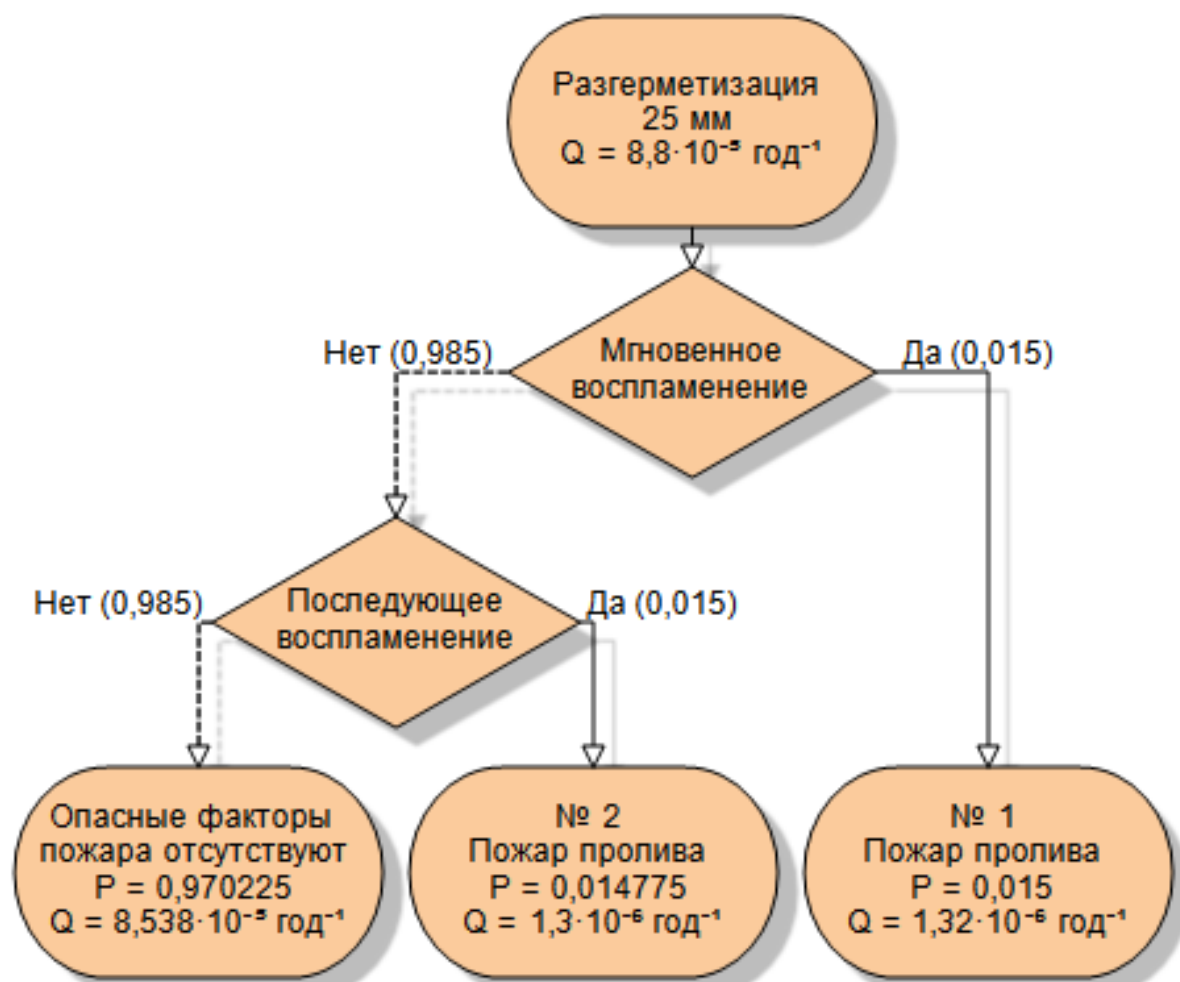
5. Воздействие на резервуары пожара-вспышки и взрыва паровоздушного облака с возможностью дальнейшей эскалации пожара не рассматриваются, поскольку зоны поражения от первичных пожаров (взрыв или пожар-вспышка) шире зон поражения от возможных вторичных пожаров.

3. Определение перечня пожароопасных ситуаций и сценариев их развития

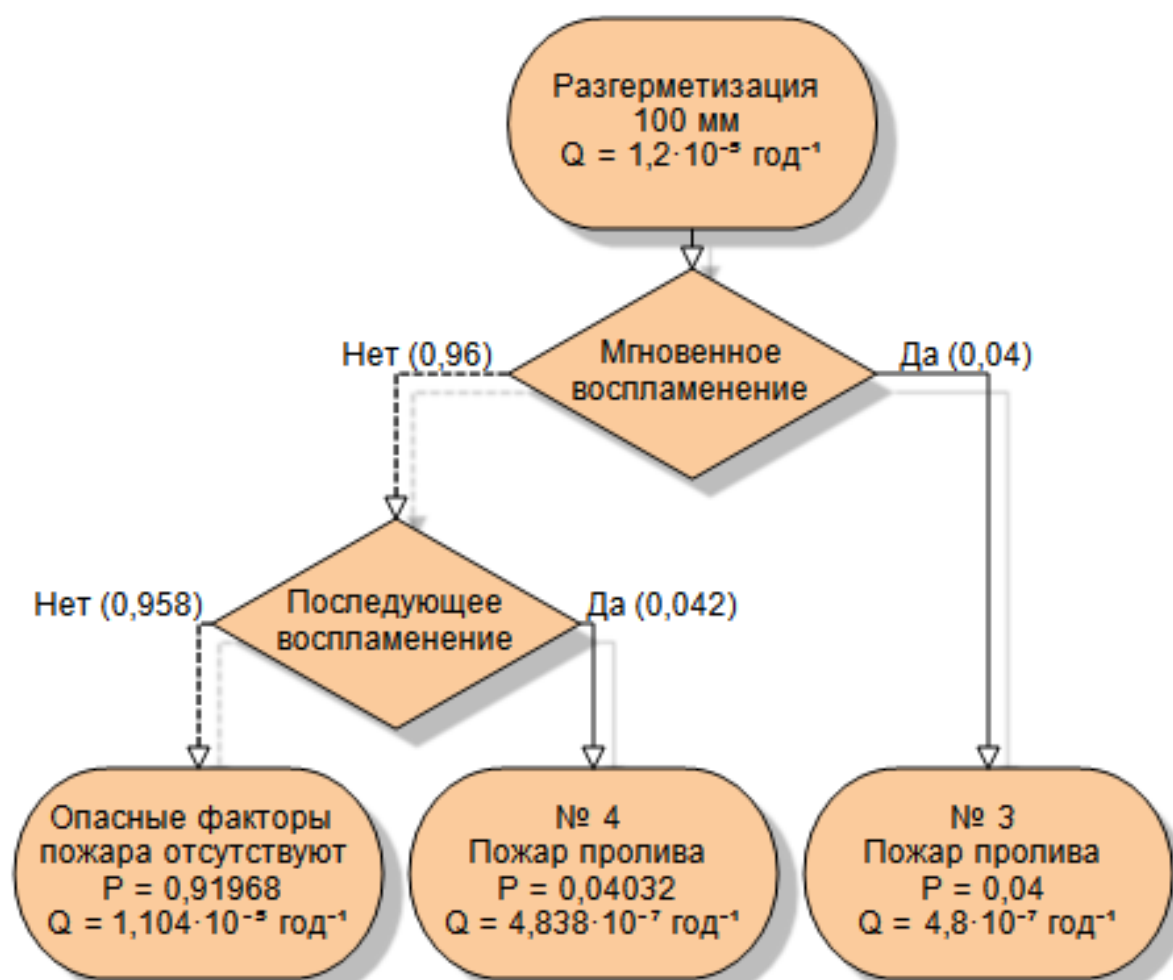
Частота реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий на оборудовании, частоты утечек из технологических трубопроводов — принимались в соответствии с приложением 1 методики [3] и приложением 2 [4].

3.1. PBC_01

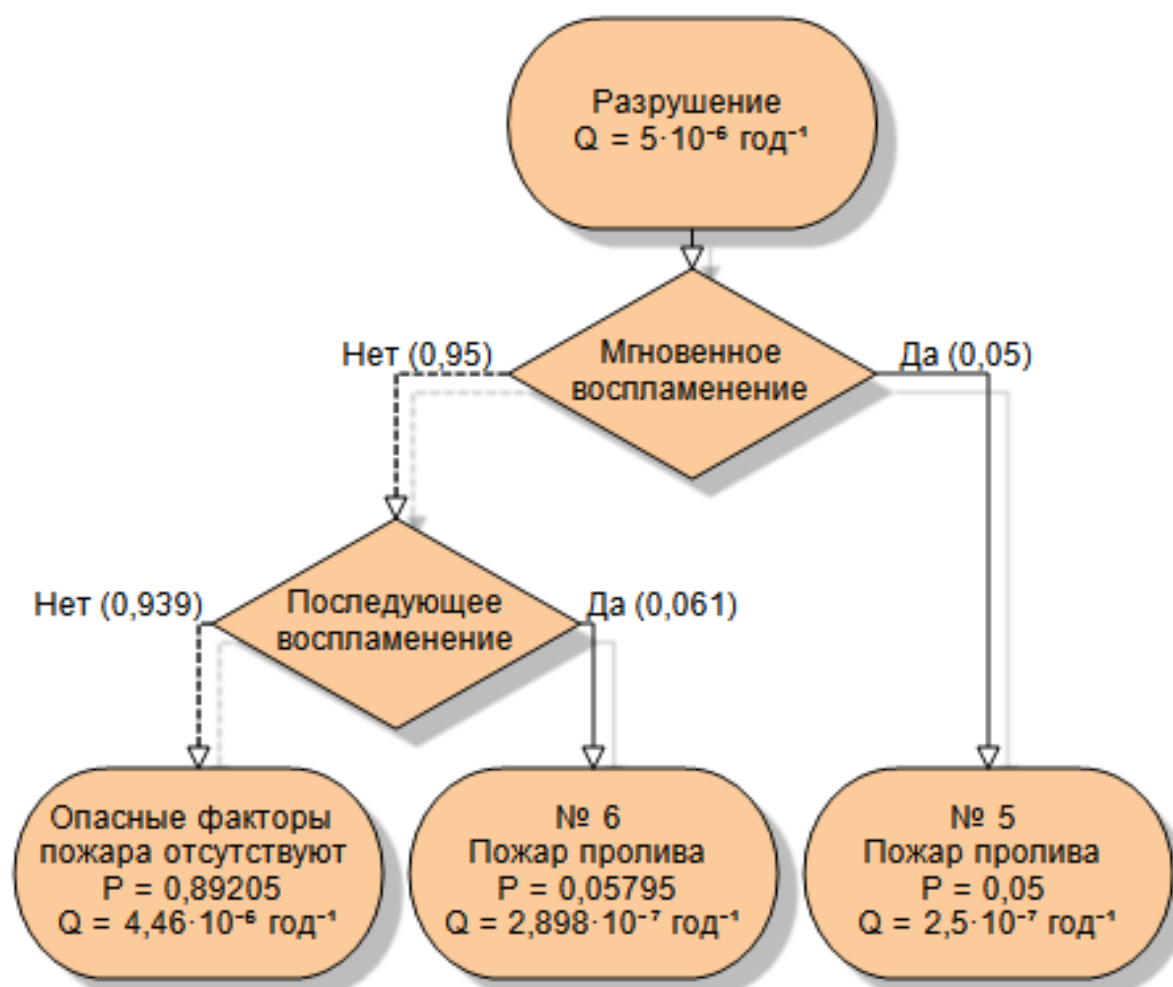
Сценарии развития пожароопасных ситуаций:



Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разгерметизация 25 мм"



Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разгерметизация 100 мм"



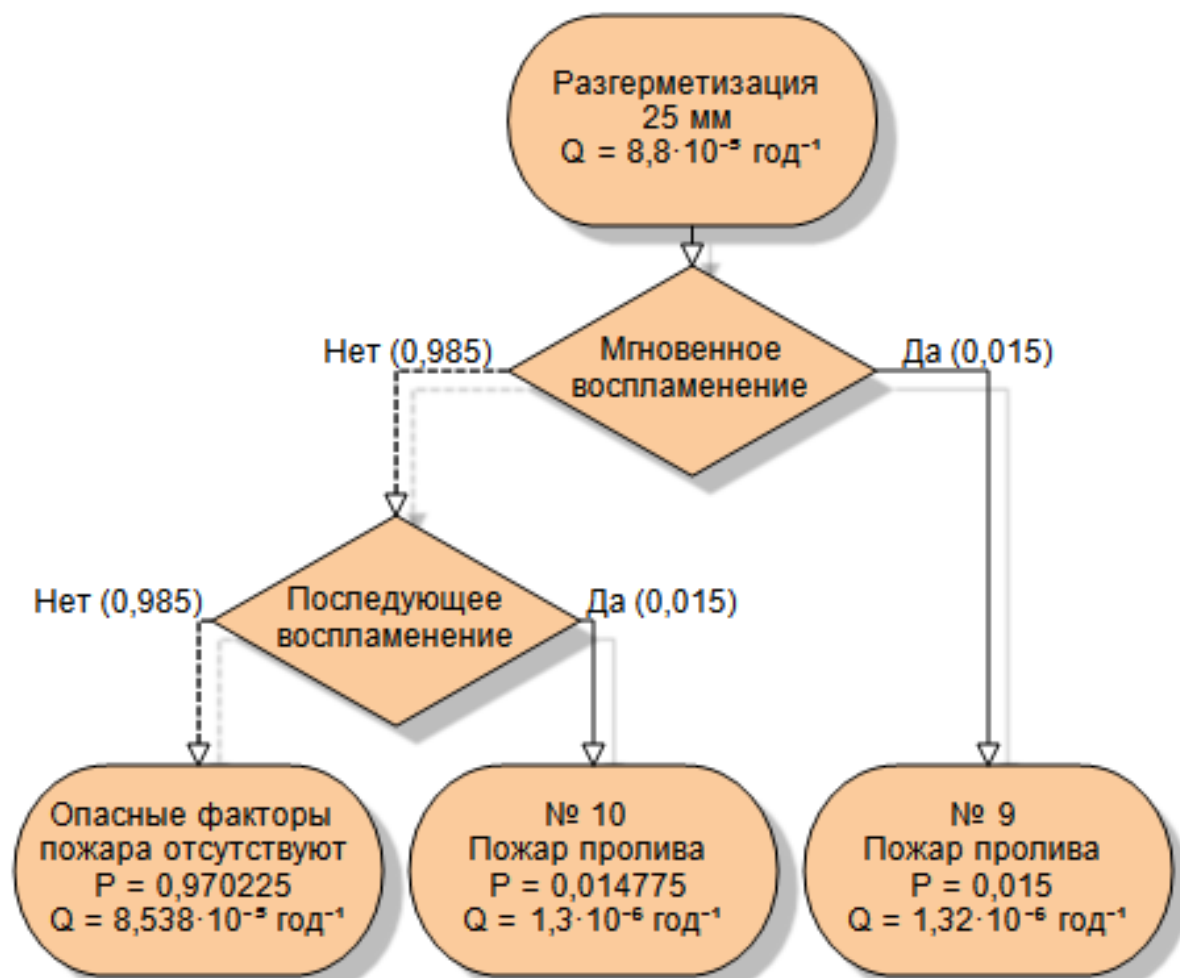
Дерево сценариев при возникновении иницирующего события "Разрушение"

Перечень пожароопасных ситуаций и сценариев их развития

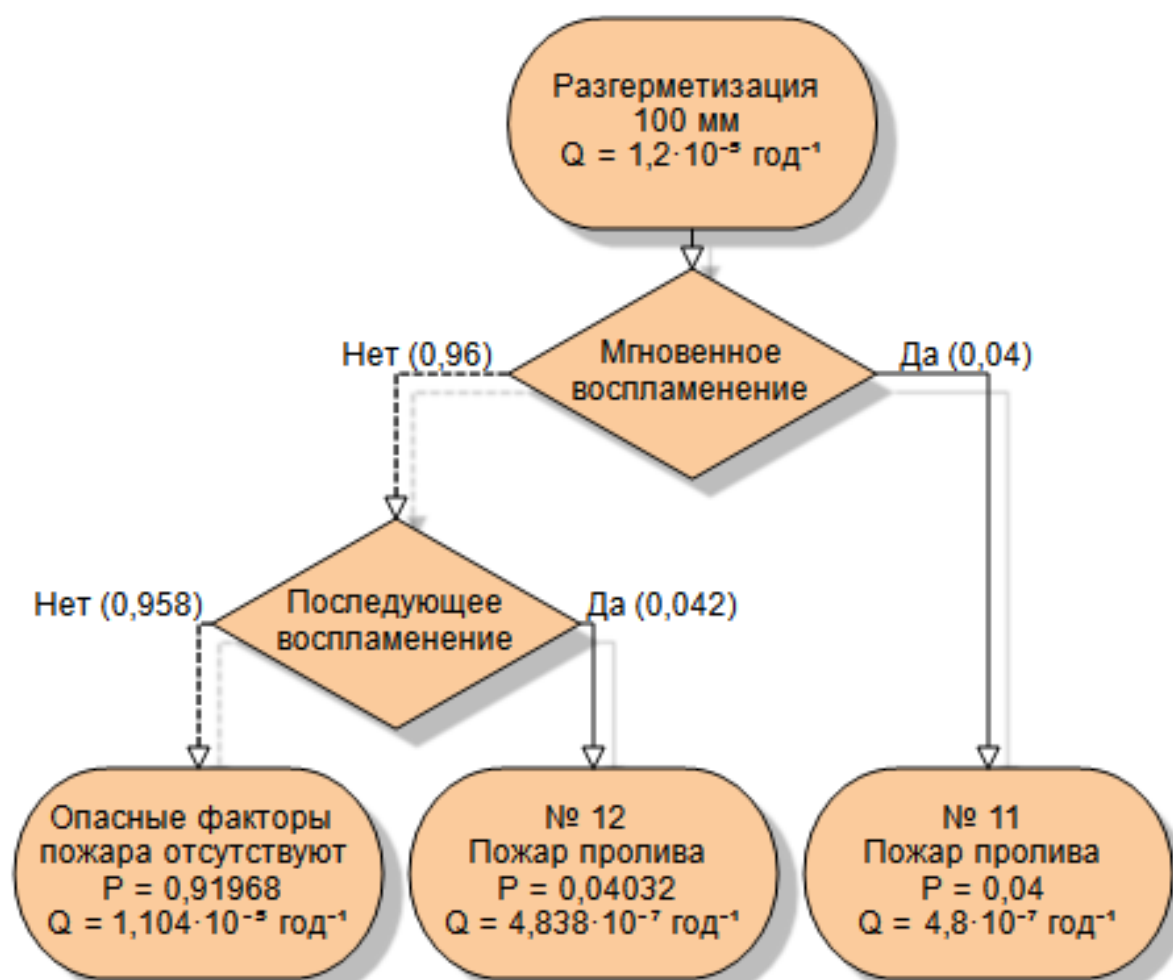
Номер сценария	Наименование пожароопасной ситуации	Сценарий развития пожароопасной ситуации	Частота возникновения, год ⁻¹
1	Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,32 \cdot 10^{-6}$
2	Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,3 \cdot 10^{-6}$
3	Разгерметизация 100 мм	Пожар пролива	$4,8 \cdot 10^{-7}$
4	Разгерметизация 100 мм	Пожар пролива	$4,838 \cdot 10^{-7}$
5	Разрушение	Пожар пролива	$2,5 \cdot 10^{-7}$
6	Разрушение	Пожар пролива	$2,898 \cdot 10^{-7}$
7	Пожар на дыхательной арматуре	Пожар на дыхательной арматуре	$9 \cdot 10^{-5}$
8	Пожар по всей поверхности	Пожар по всей поверхности	$9 \cdot 10^{-5}$

3.2. PBC_02

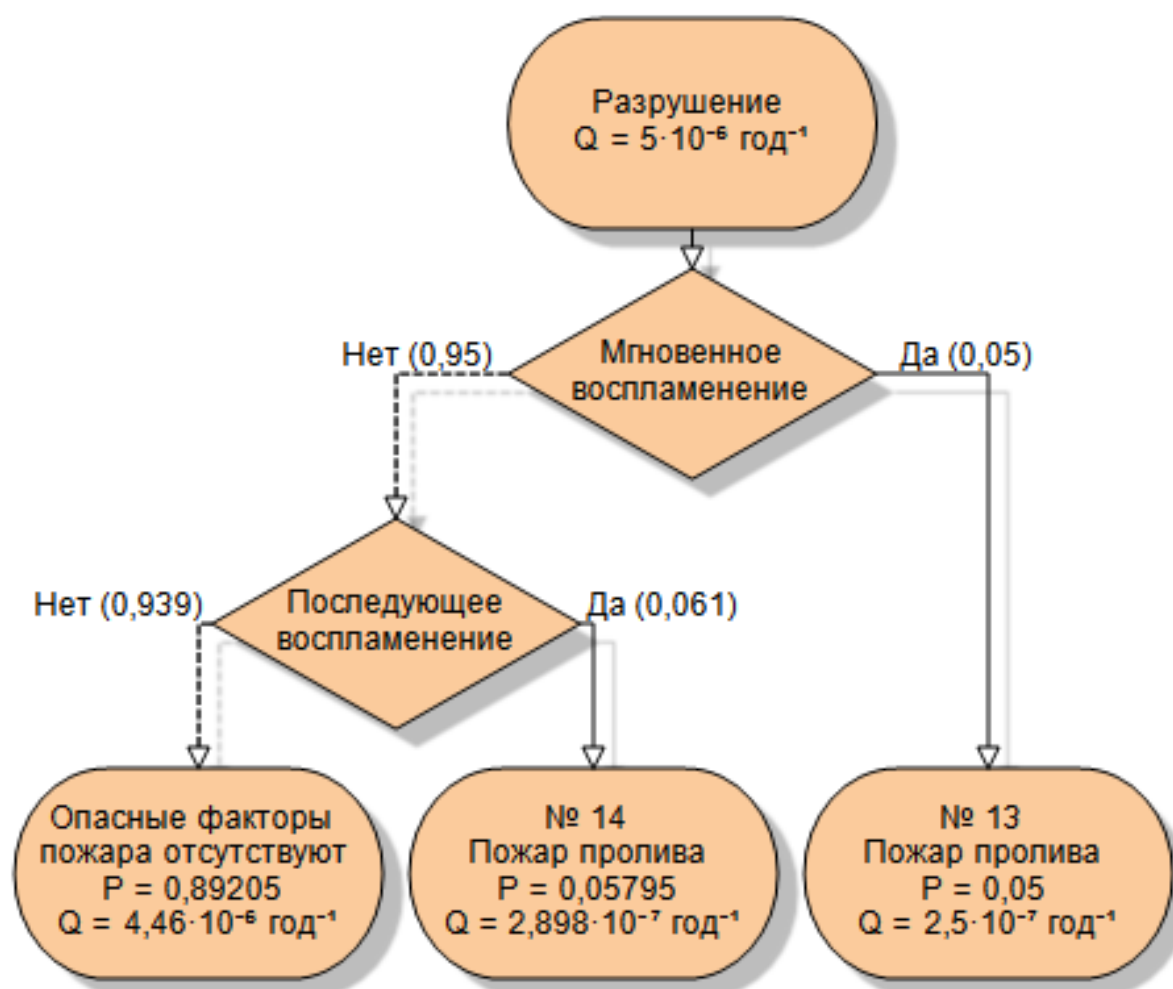
Сценарии развития пожароопасных ситуаций:



Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разгерметизация 25 мм"



Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разгерметизация 100 мм"



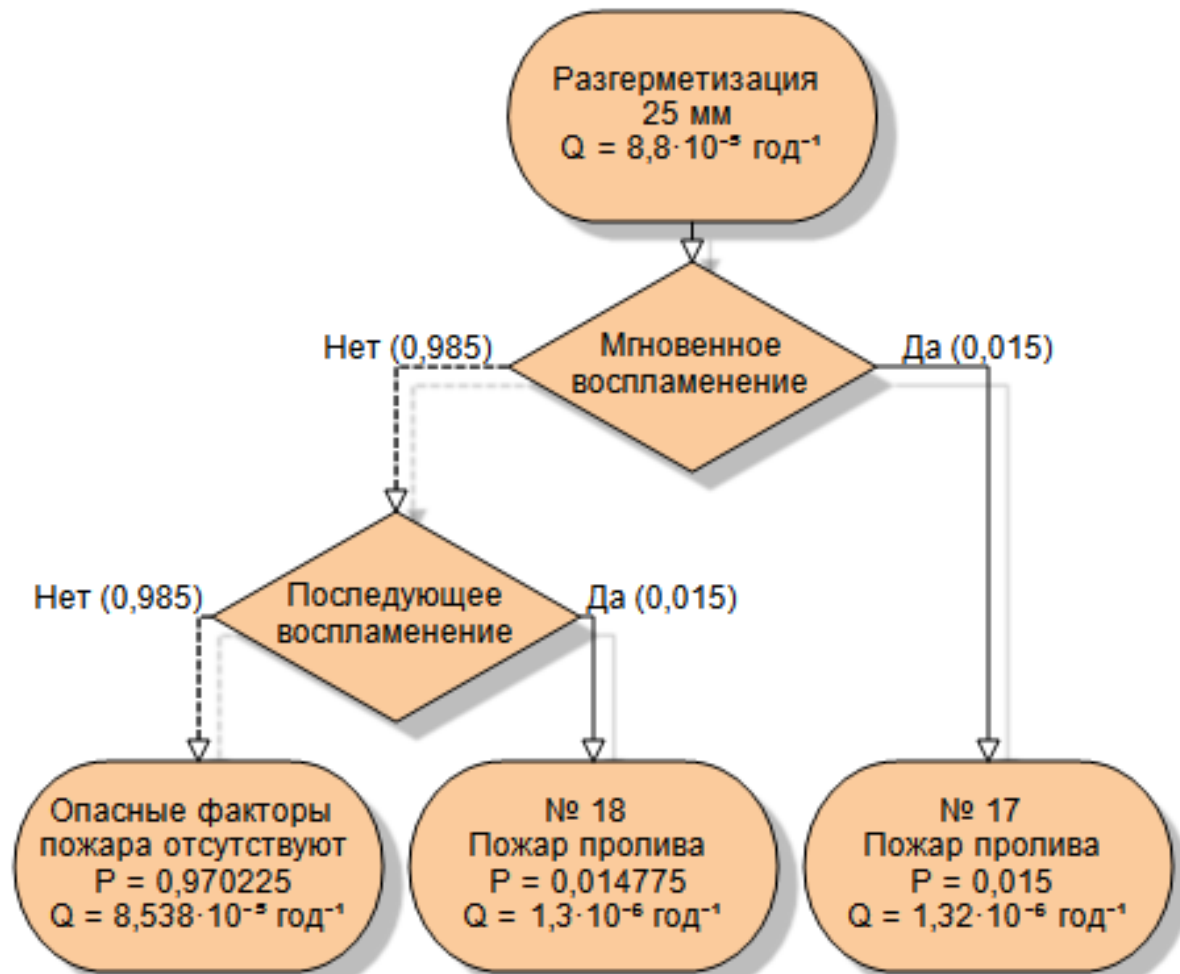
Дерево сценариев при возникновении иницирующего события "Разрушение"

Перечень пожароопасных ситуаций и сценариев их развития

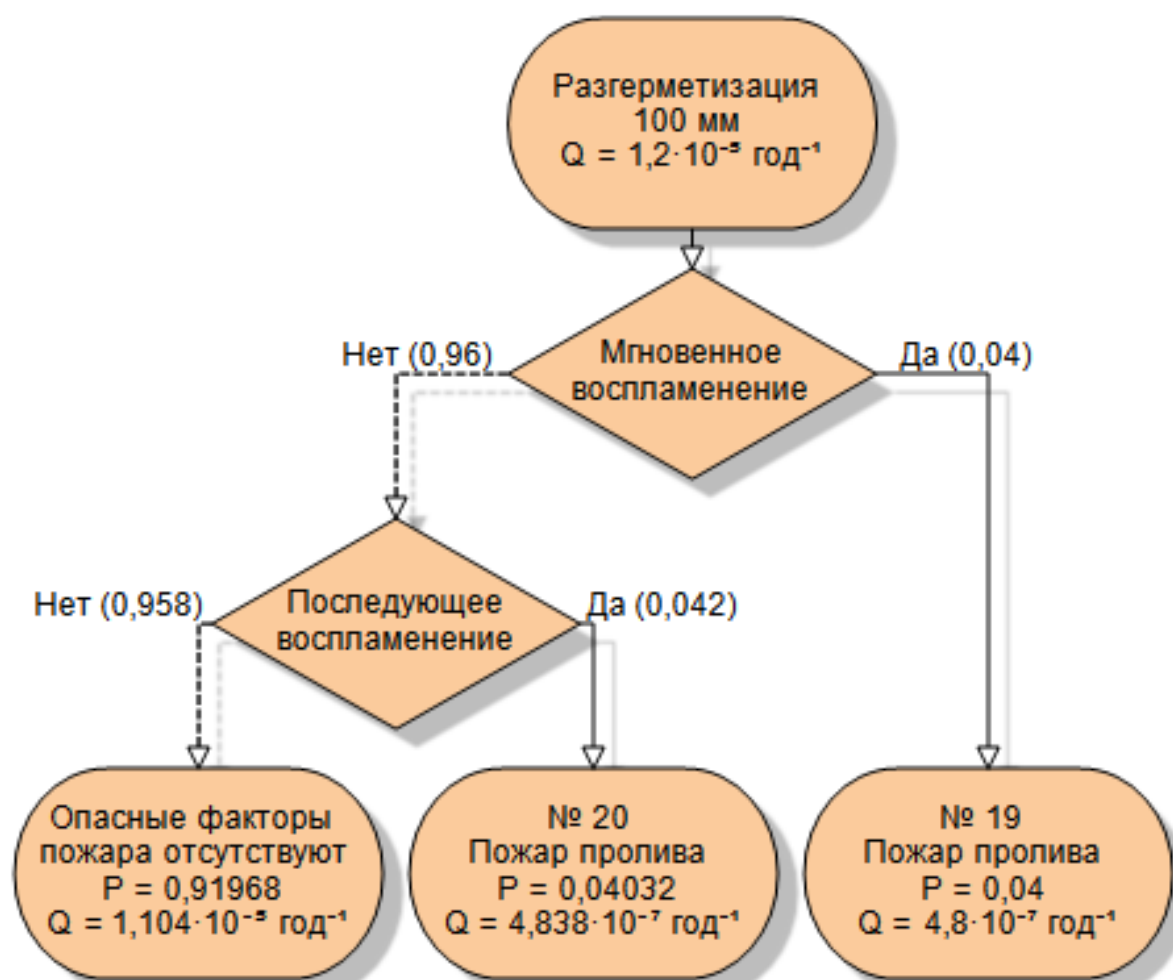
Номер сценария	Наименование пожароопасной ситуации	Сценарий развития пожароопасной ситуации	Частота возникновения, год ⁻¹
9	Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,32 \cdot 10^{-6}$
10	Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,3 \cdot 10^{-6}$
11	Разгерметизация 100 мм	Пожар пролива	$4,8 \cdot 10^{-7}$
12	Разгерметизация 100 мм	Пожар пролива	$4,838 \cdot 10^{-7}$
13	Разрушение	Пожар пролива	$2,5 \cdot 10^{-7}$
14	Разрушение	Пожар пролива	$2,898 \cdot 10^{-7}$
15	Пожар на дыхательной арматуре	Пожар на дыхательной арматуре	$9 \cdot 10^{-5}$
16	Пожар по всей поверхности	Пожар по всей поверхности	$9 \cdot 10^{-5}$

3.3. PBC_03

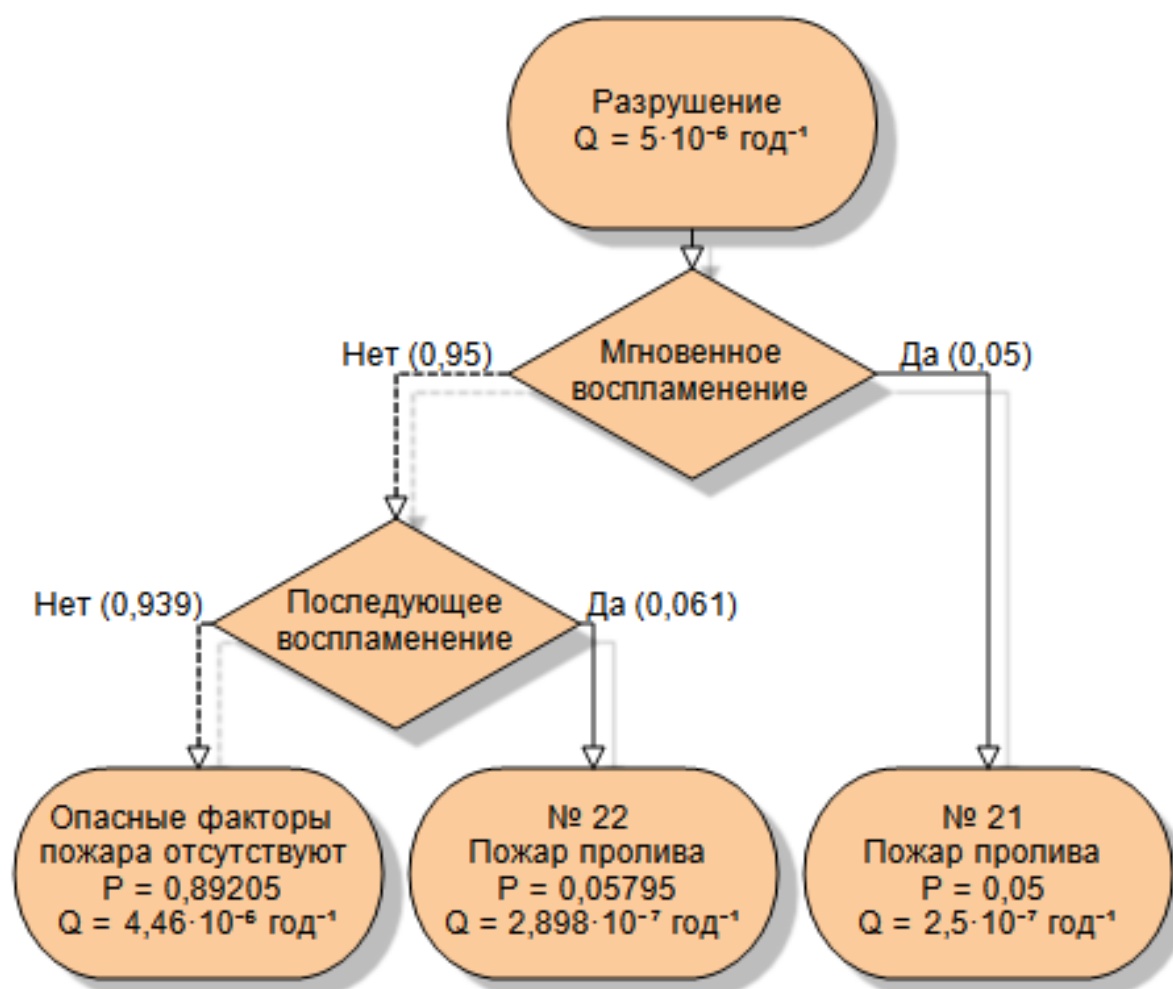
Сценарии развития пожароопасных ситуаций:



Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разгерметизация 25 мм"



Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разгерметизация 100 мм"



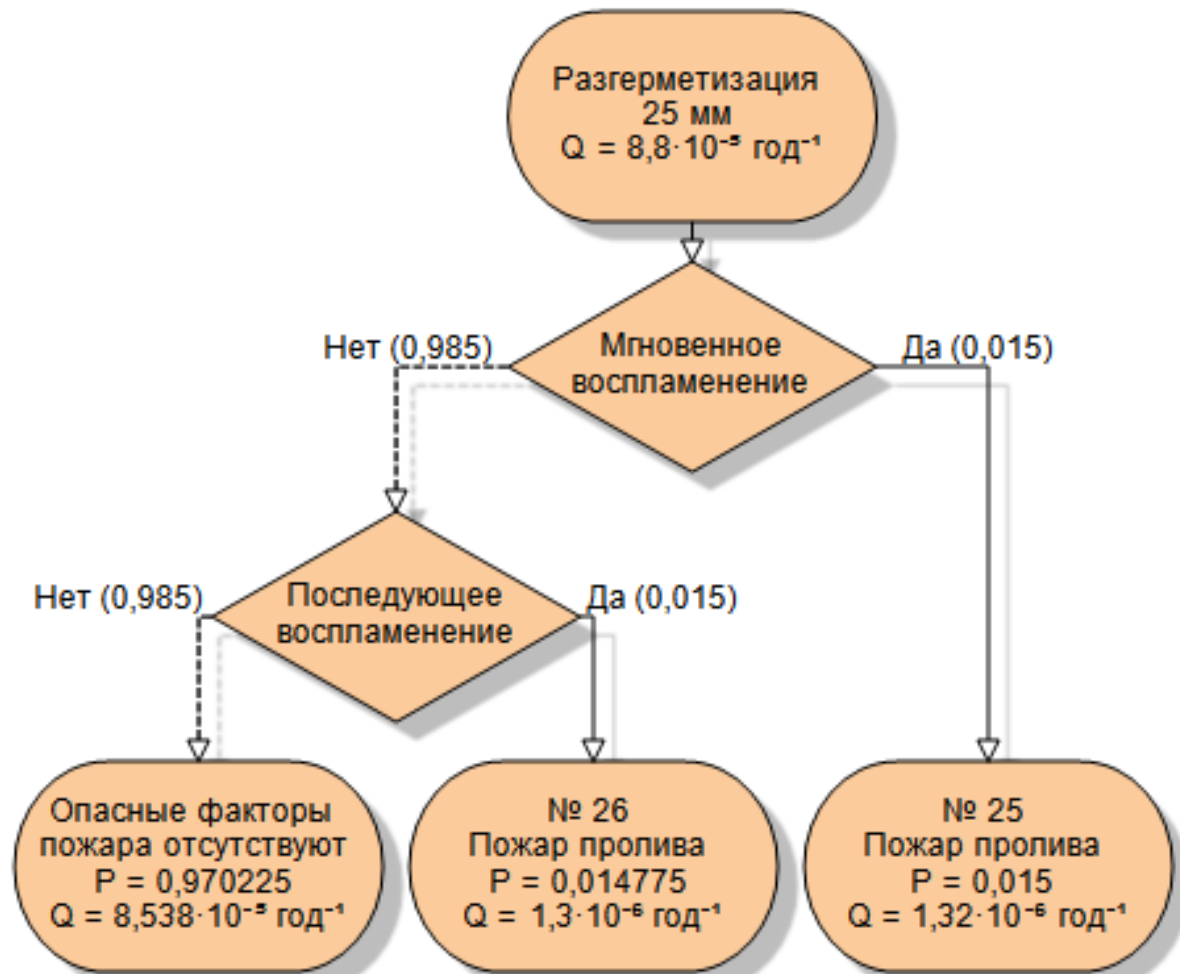
Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разрушение"

Перечень пожароопасных ситуаций и сценариев их развития

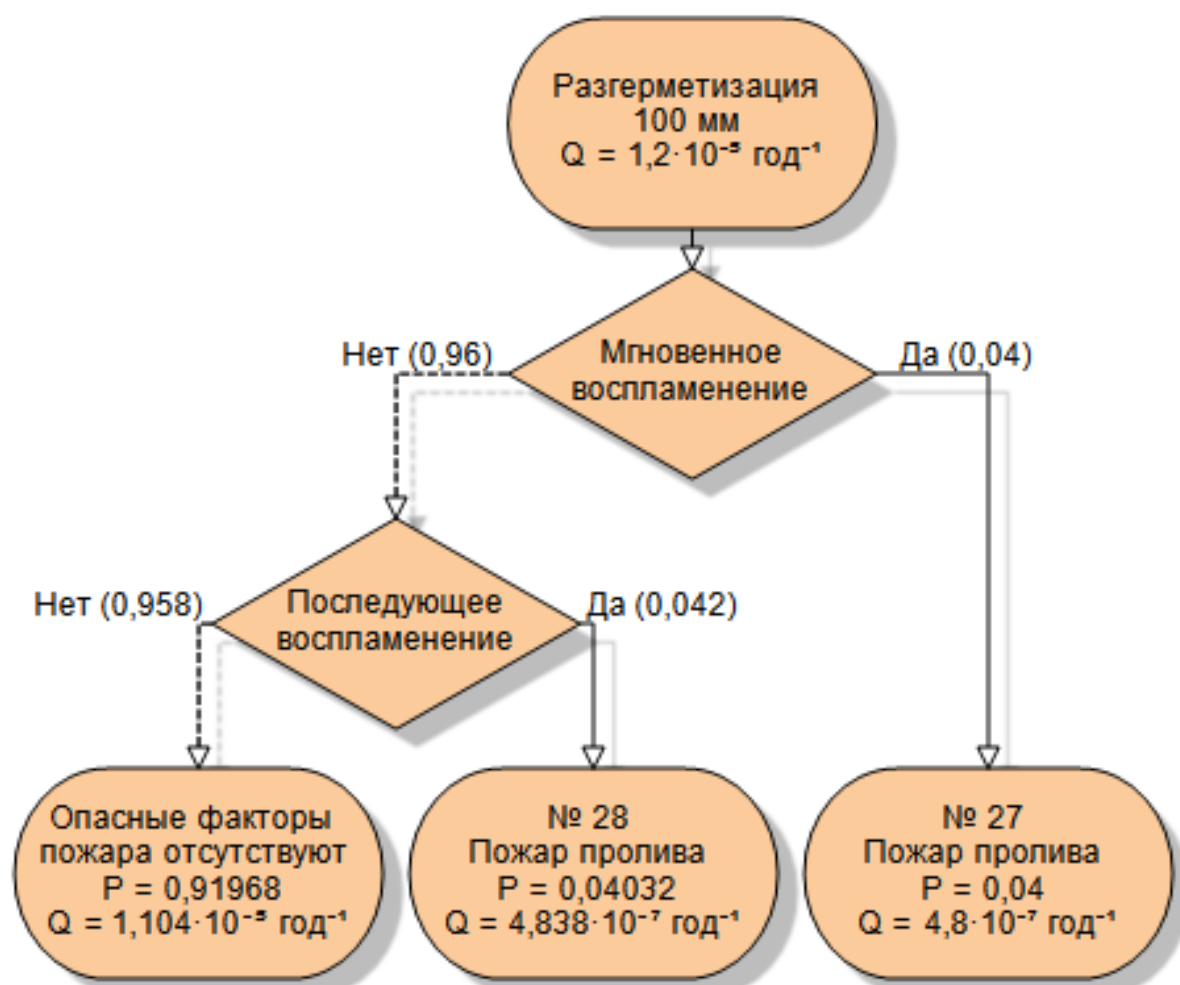
Номер сценария	Наименование пожароопасной ситуации	Сценарий развития пожароопасной ситуации	Частота возникновения, год ⁻¹
17	Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,32 \cdot 10^{-6}$
18	Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,3 \cdot 10^{-6}$
19	Разгерметизация 100 мм	Пожар пролива	$4,8 \cdot 10^{-7}$
20	Разгерметизация 100 мм	Пожар пролива	$4,838 \cdot 10^{-7}$
21	Разрушение	Пожар пролива	$2,5 \cdot 10^{-7}$
22	Разрушение	Пожар пролива	$2,898 \cdot 10^{-7}$
23	Пожар на дыхательной арматуре	Пожар на дыхательной арматуре	$9 \cdot 10^{-5}$
24	Пожар по всей поверхности	Пожар по всей поверхности	$9 \cdot 10^{-5}$

3.4. PBC_04

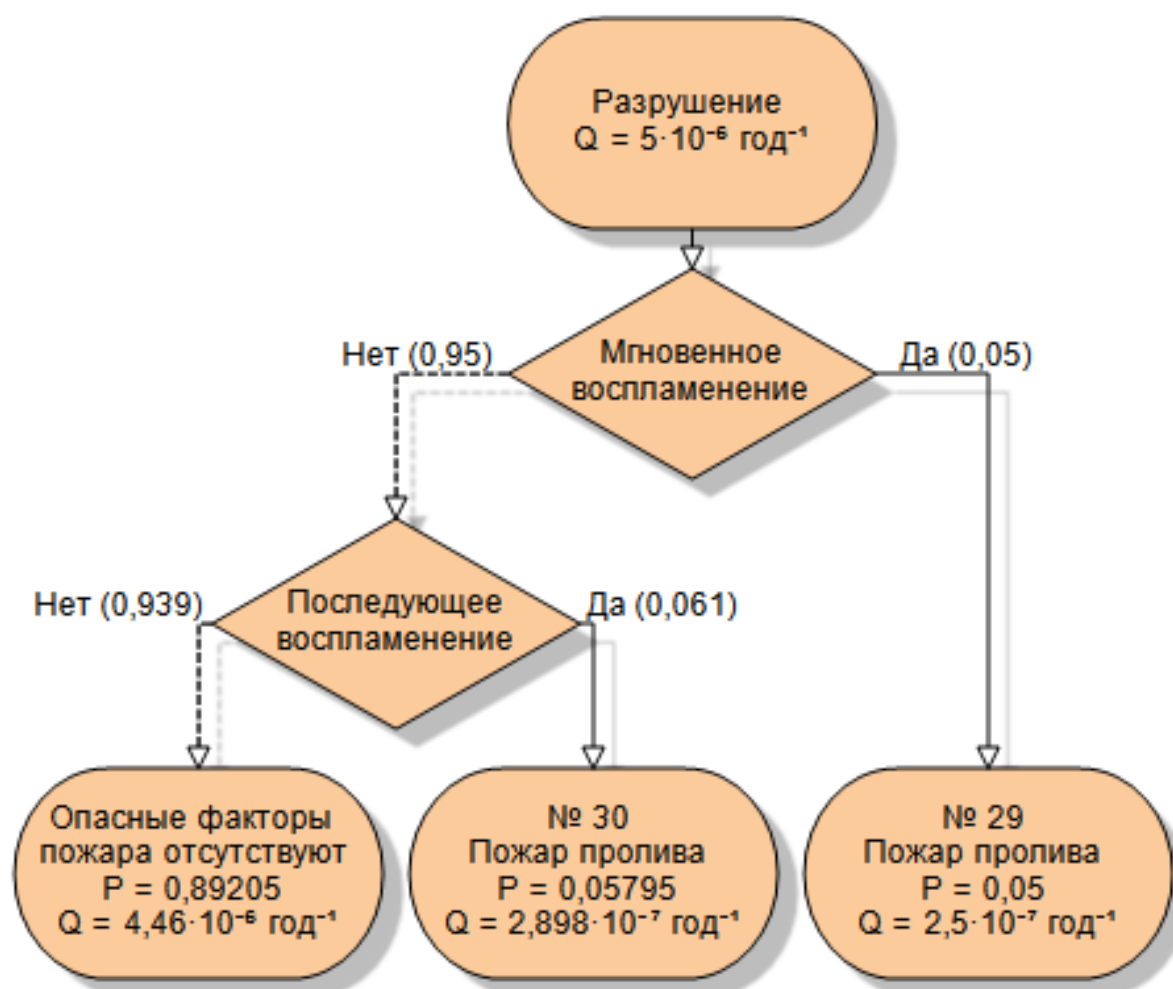
Сценарии развития пожароопасных ситуаций:



Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разгерметизация 25 мм"



Дерево сценариев при возникновении инициирующего события "Разгерметизация 100 мм"



Дерево сценариев при возникновении иницирующего события "Разрушение"

Перечень пожароопасных ситуаций и сценариев их развития

Номер сценария	Наименование пожароопасной ситуации	Сценарий развития пожароопасной ситуации	Частота возникновения, год ⁻¹
25	Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,32 \cdot 10^{-6}$
26	Разгерметизация 25 мм	Пожар пролива	$1,3 \cdot 10^{-6}$
27	Разгерметизация 100 мм	Пожар пролива	$4,8 \cdot 10^{-7}$
28	Разгерметизация 100 мм	Пожар пролива	$4,838 \cdot 10^{-7}$
29	Разрушение	Пожар пролива	$2,5 \cdot 10^{-7}$
30	Разрушение	Пожар пролива	$2,898 \cdot 10^{-7}$
31	Пожар на дыхательной арматуре	Пожар на дыхательной арматуре	$9 \cdot 10^{-5}$
32	Пожар по всей поверхности	Пожар по всей поверхности	$9 \cdot 10^{-5}$

Подробный расчет частоты возникновения опасных факторов пожара приведен в главе "Построение полей опасных факторов пожара".

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

4.1. РВС_01

4.1.1. Разгерметизация 25 мм

Частота возникновения: $8,8 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Объемный расход истечения жидкости:

$$Q_{\text{ж}} = \mu \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sqrt{2gH_{\text{ж}}} = 0,7 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 10^{-6} / 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10,5} = 0,0049 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Массовый расход истечения жидкости:

$$G_{\text{ж}} = Q_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 0,0049 \cdot 920 = 4,537 \text{ кг/с}.$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

Объем вылившейся жидкости:

$$V_{\text{ж}} = 0,0049 \cdot 3600 = 0,0049 \cdot 3600 = 17,755 \text{ м}^3.$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\text{п}} = f_{\text{р}} \cdot V_{\text{ж}} = 20 \cdot 17,755 = 355,1 \text{ м}^2.$$

Поверхность пролива ограничивается обвалованием. Площадь пролива составляет 355,1 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 17,755 \cdot 920 = 16334,4 \text{ кг}.$$

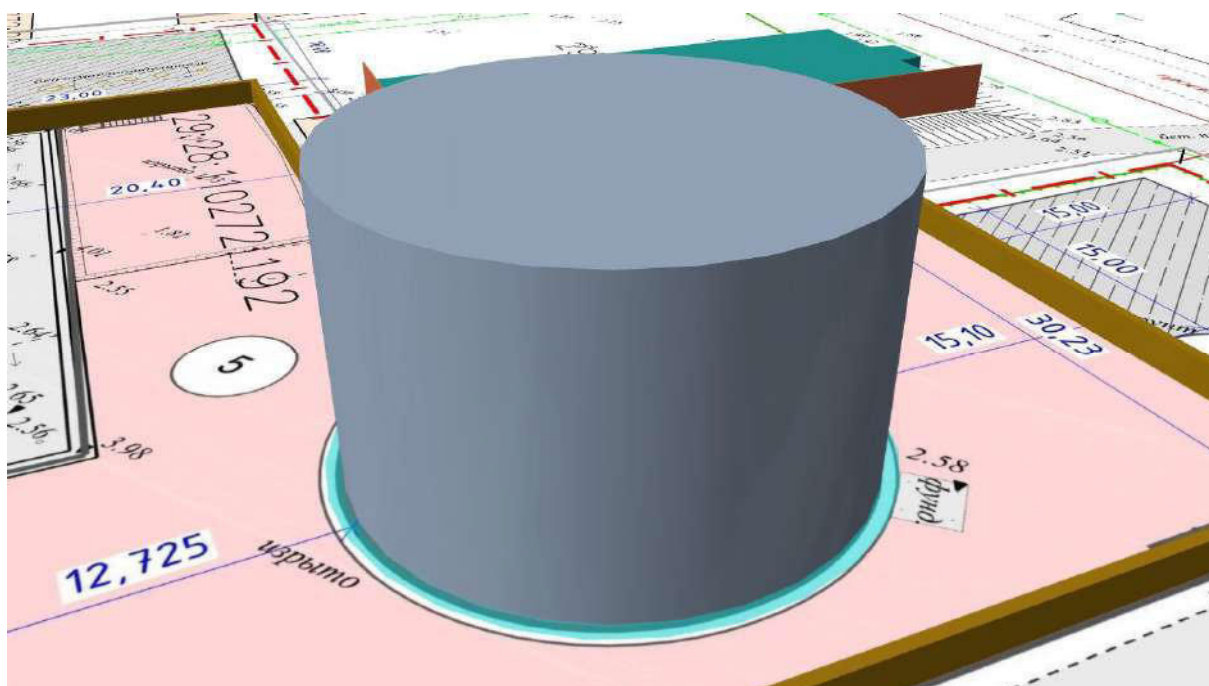
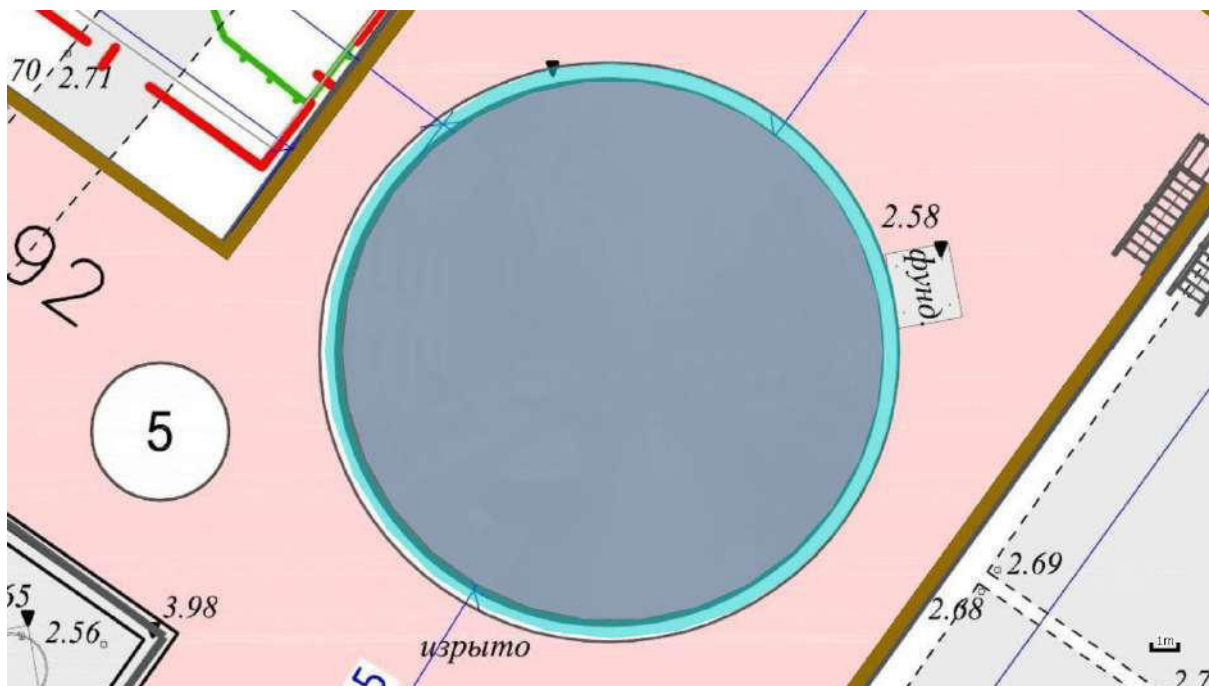
Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0 \text{ кПа}$.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\text{п}} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 355,1 \cdot 3600 = 0 \text{ кг}.$$



Разгерметизация 25 мм

4.1.2. Разгерметизация 100 мм

Частота возникновения: $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Объемный расход истечения жидкости:

$$Q_{\text{ж}} = \mu \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sqrt{2gH_{\text{ж}}} = 0,7 \cdot \pi \cdot 100^2 \cdot 10^{-6} / 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10,5} = 0,0789 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Массовый расход истечения жидкости:

$$G_{\text{ж}} = Q_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 0,0789 \cdot 920 = 72,597 \text{ кг/с}.$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

Объем вылившейся жидкости:

$$V_{\text{ж}} = 0,0789 \cdot 3600 = 0,0789 \cdot 3600 = 284,076 \text{ м}^3.$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\Pi} = f_p \cdot V_{\text{ж}} = 20 \cdot 284,076 = 5681,5 \text{ м}^2.$$

Площадь пролива ограничивается обвалованием и составляет 2971,7 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 284,076 \cdot 920 = 261349,9 \text{ кг.}$$

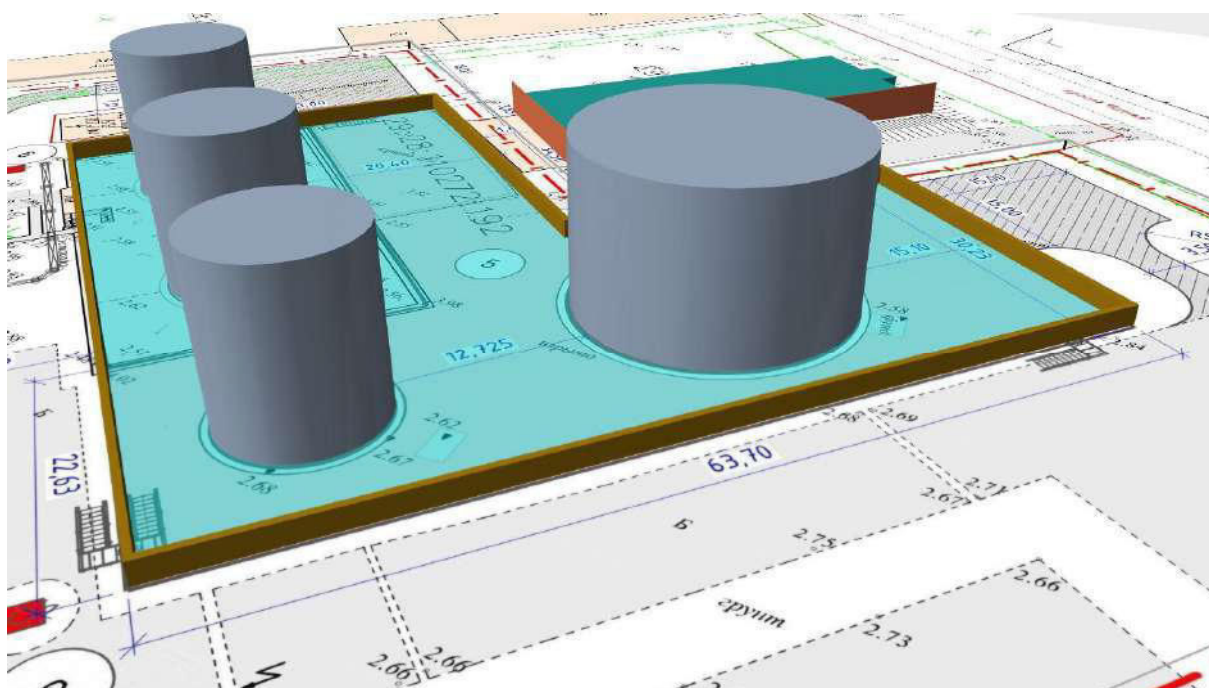
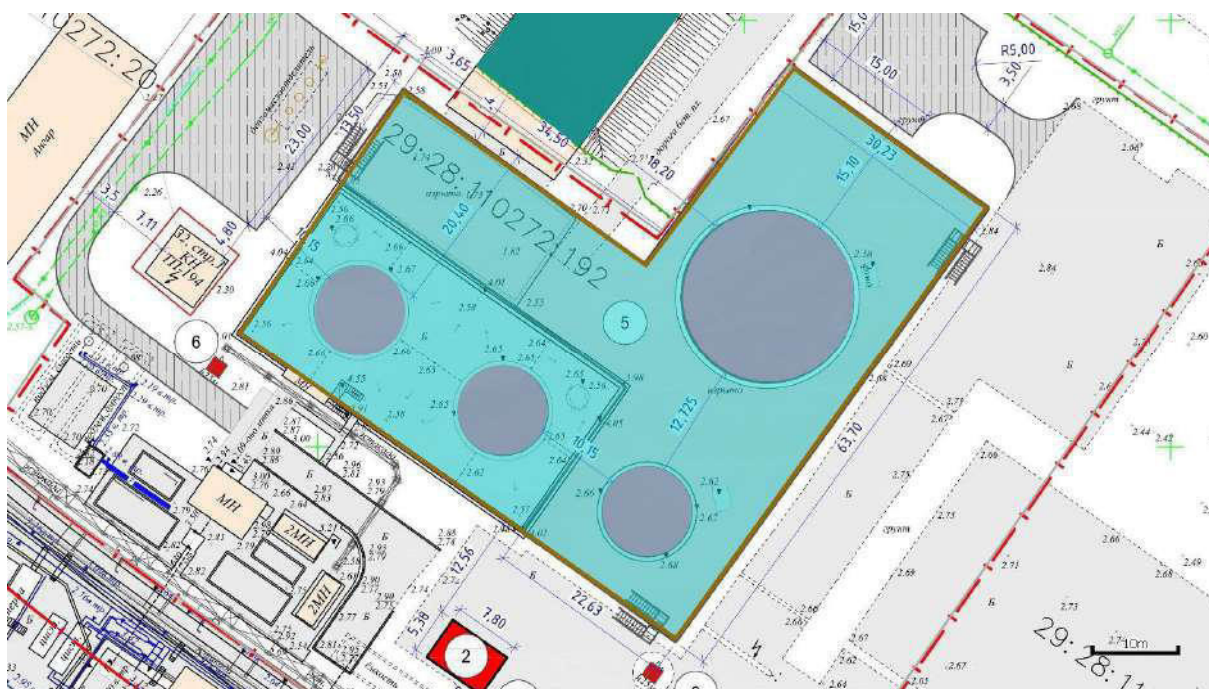
Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с·м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\Pi} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 2971,7 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$



Разгерметизация 100 мм

4.1.3. Разрушение

Частота возникновения: $5 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹.

Объем вылившейся жидкости принимается равным объему емкости: $V_{ж} = 3000 \text{ м}^3$.

Имеется обвалование. При высоте столба жидкости 10,5 м и высоте обвалования (ограждения) 1,5 м доля жидкости, перелившейся через обвалование, составит 0,51.

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\text{перелив.}} = V_{ж} \cdot 0,51 \cdot f_p = 3000 \text{ м}^3 \cdot 0,51 \cdot 20 = 30428,6 \text{ м}^2.$$

Площадь пролива составляет сумму площади обвалования и площади перелива:

$$F_{\Pi} = F_{\text{обв.}} + F_{\text{перелив.}} = 2971,7 + 30428,6 = 33400,3 \text{ м}^2.$$

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 3000 \cdot 920 = 2760000 \text{ кг.}$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

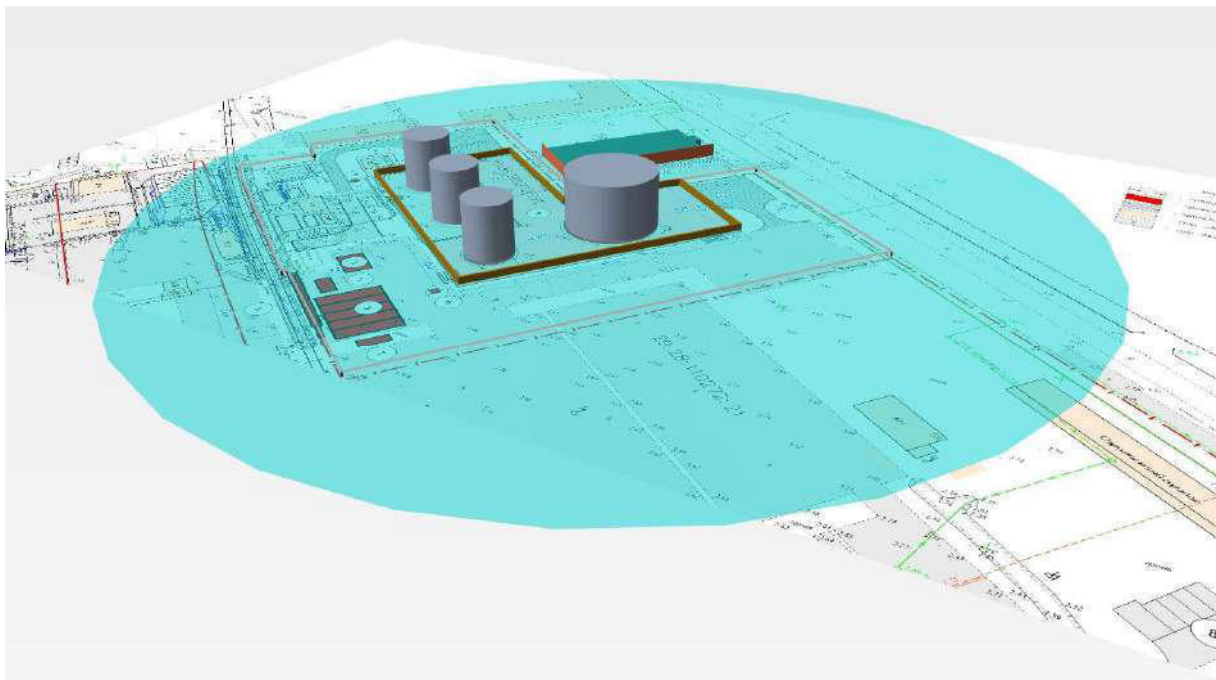
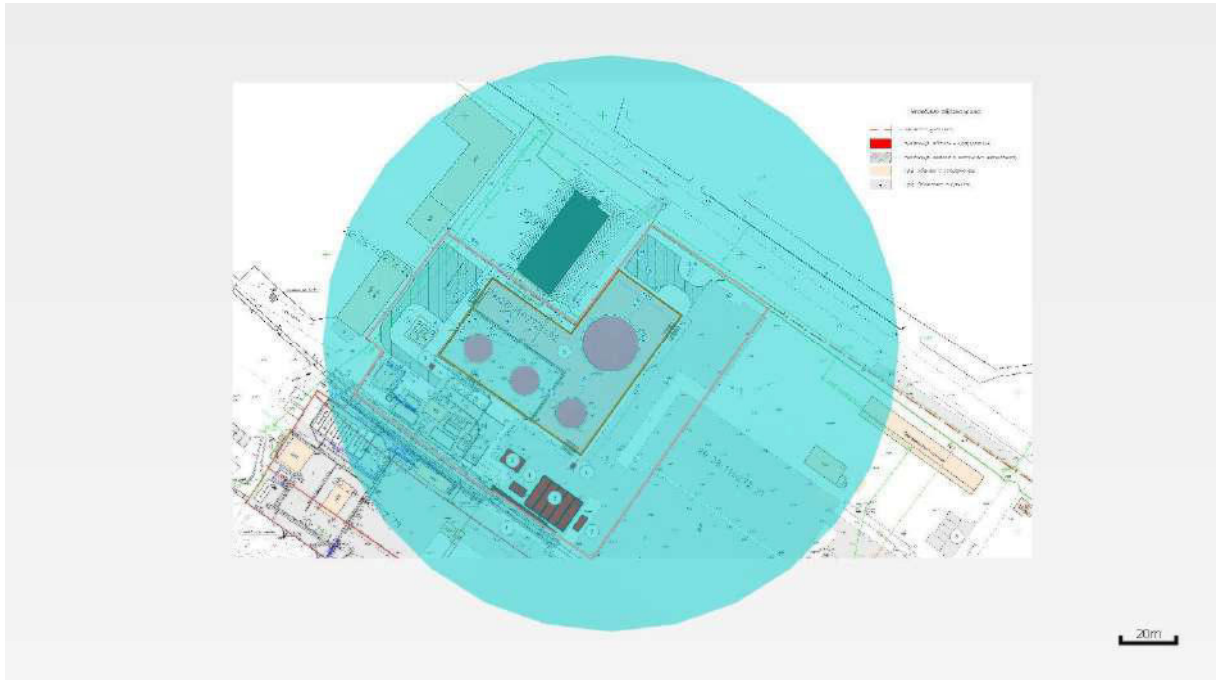
Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

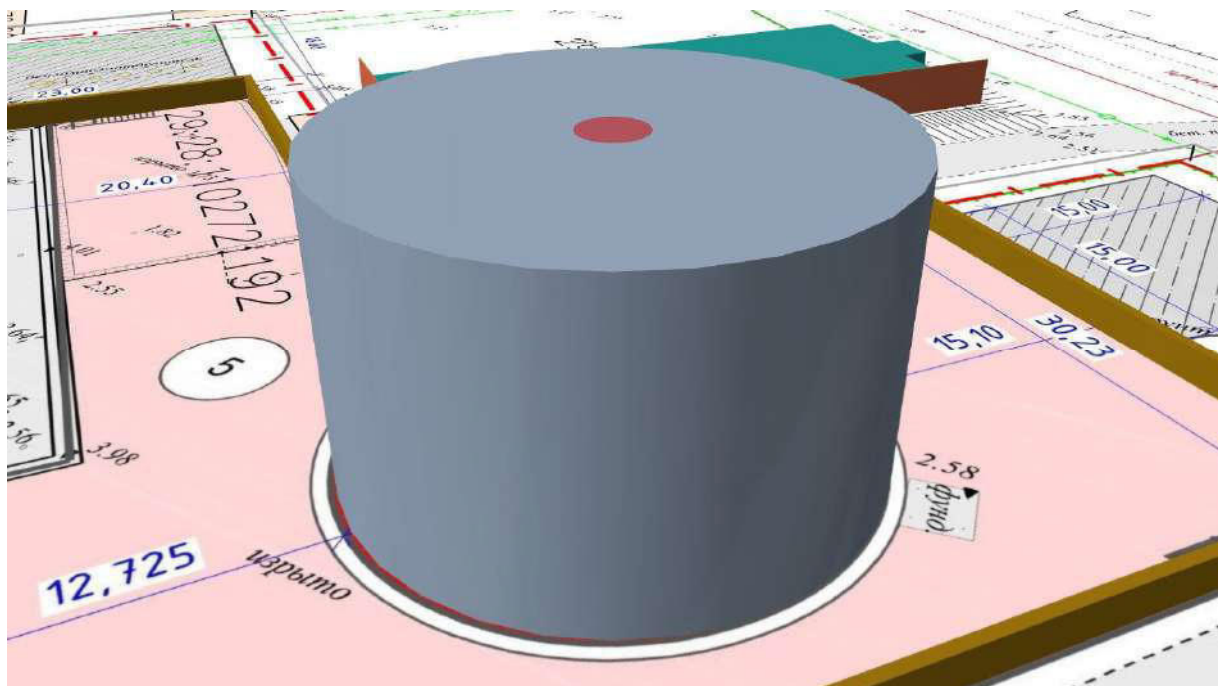
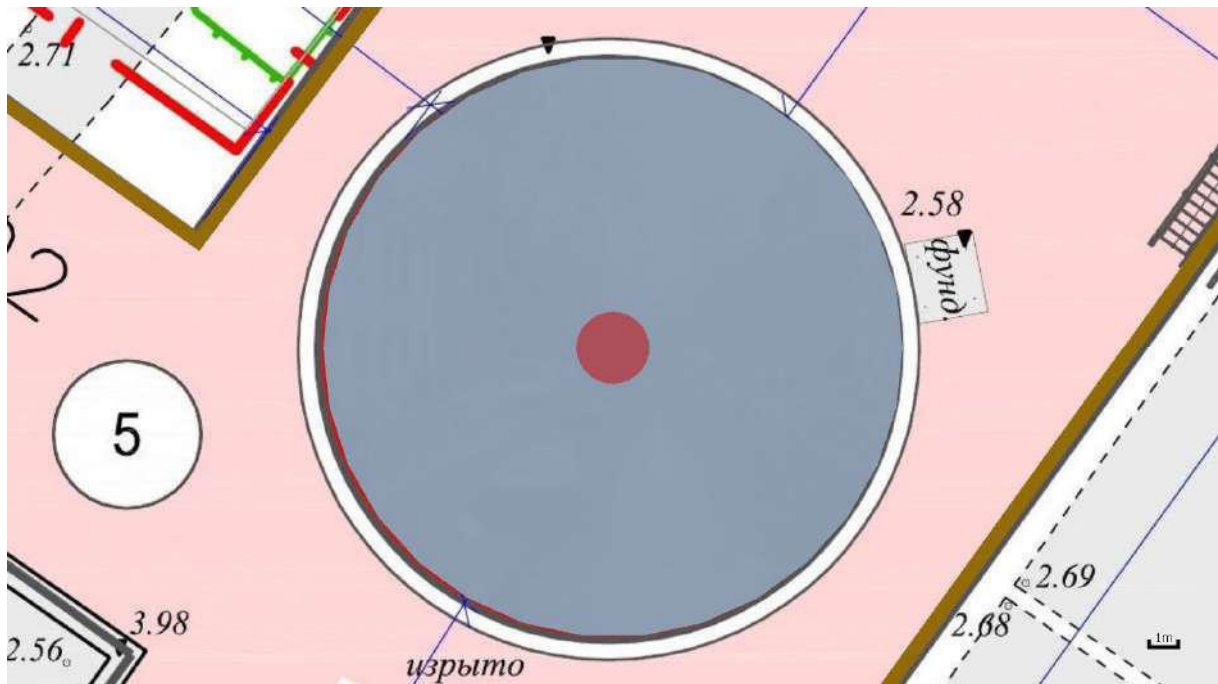
$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\text{п}} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 33400,3 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$



Разрушение

4.1.4. Пожар на дыхательной арматуре

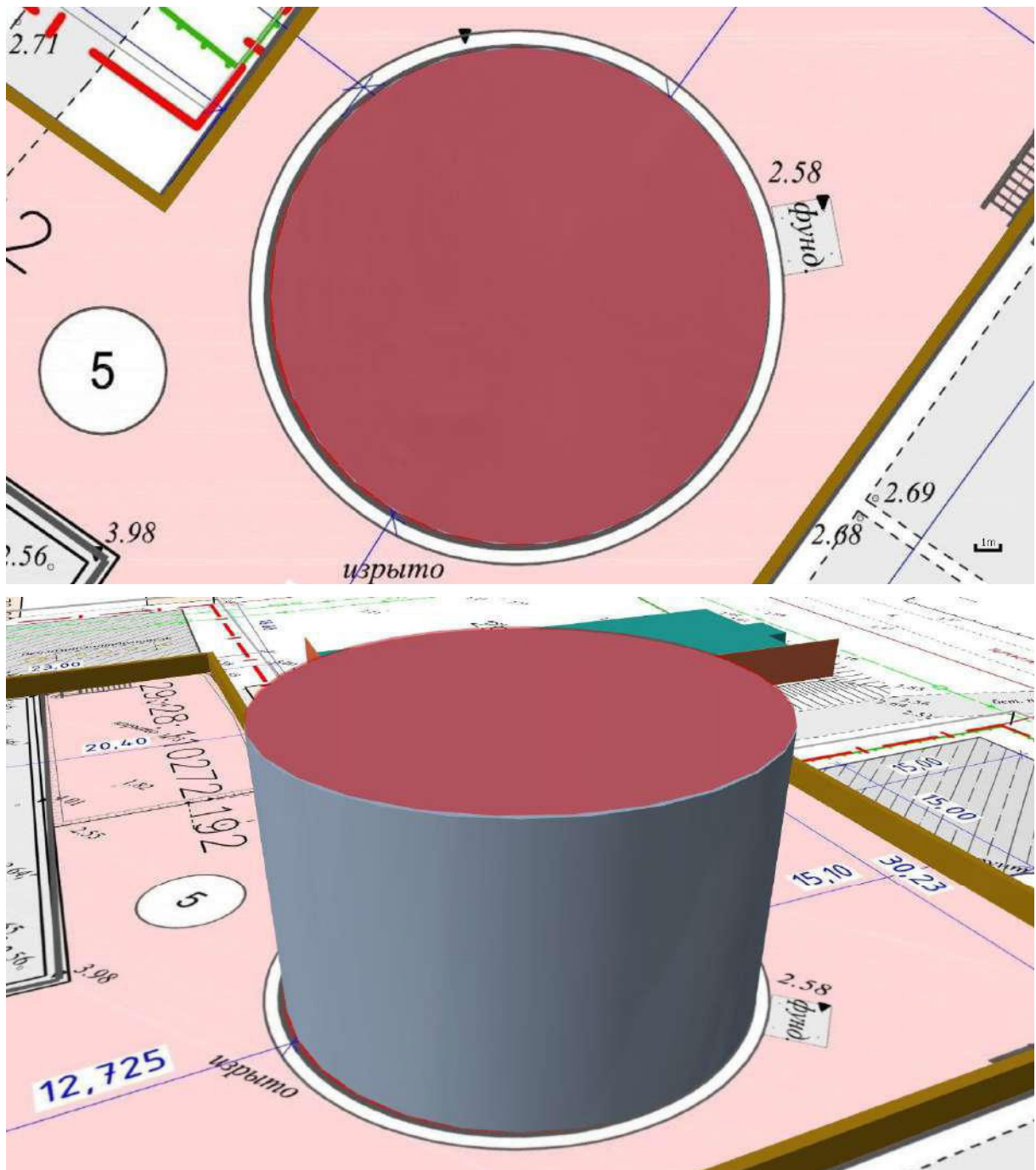
Площадь пожара на дыхательной арматуре принимается равной 5 м².



Площадь пожара

4.1.5. Пожар по всей поверхности

Площадь пожара принимается равной площади резервуара и составляет 314,2 м².



Площадь пожара

4.2. PBC_02

4.2.1. Разгерметизация 25 мм

Частота возникновения: $8,8 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Объемный расход истечения жидкости:

$$Q_{\text{ж}} = \mu \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sqrt{2gH_{\text{ж}}} = 0,7 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 10^{-6} / 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10,5} = 0,0049 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Массовый расход истечения жидкости:

$$G_{\text{ж}} = Q_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 0,0049 \cdot 920 = 4,537 \text{ кг/с}.$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

Объем вылившейся жидкости:

$$V_{\text{ж}} = 0,0049 \cdot 3600 = 0,0049 \cdot 3600 = 17,755 \text{ м}^3.$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\text{п}} = f_{\text{р}} \cdot V_{\text{ж}} = 20 \cdot 17,755 = 355,1 \text{ м}^2.$$

Поверхность пролива ограничивается обвалованием. Площадь пролива составляет 355,1 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 17,755 \cdot 920 = 16334,4 \text{ кг.}$$

Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с·м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\text{п}} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 355,1 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\Pi} = f_p \cdot V_{\text{ж}} = 20 \cdot 284,076 = 5681,5 \text{ м}^2.$$

Площадь пролива ограничивается обвалованием и составляет 2971,7 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 284,076 \cdot 920 = 261349,9 \text{ кг.}$$

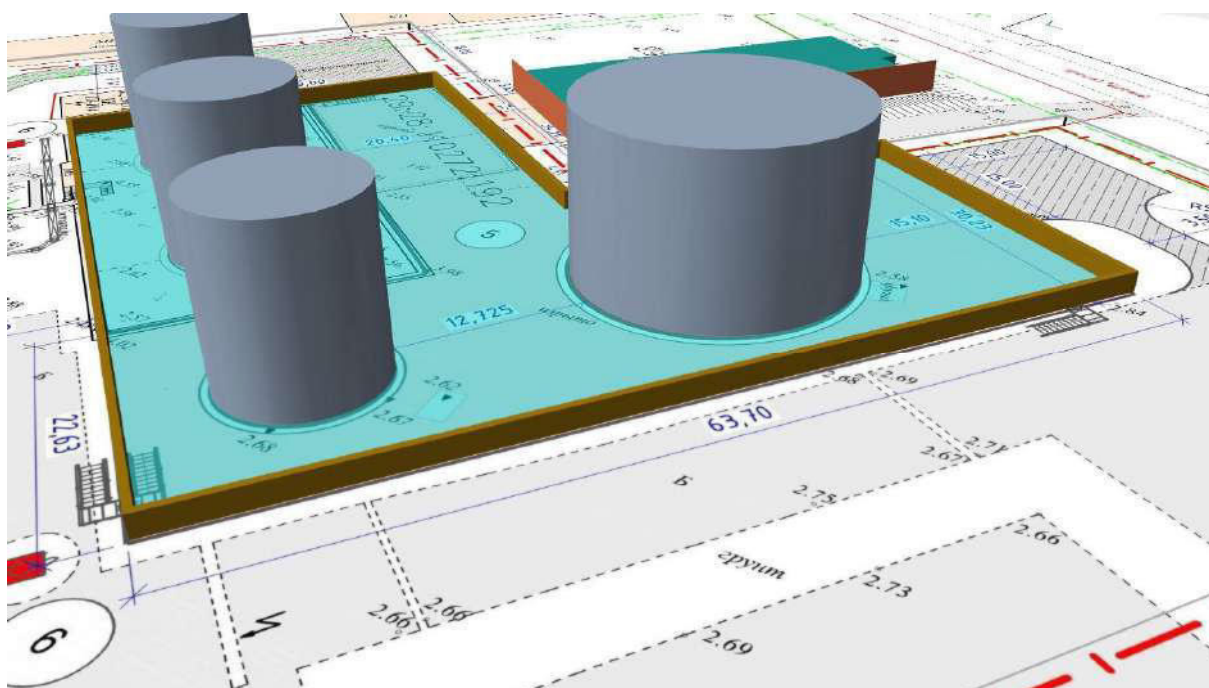
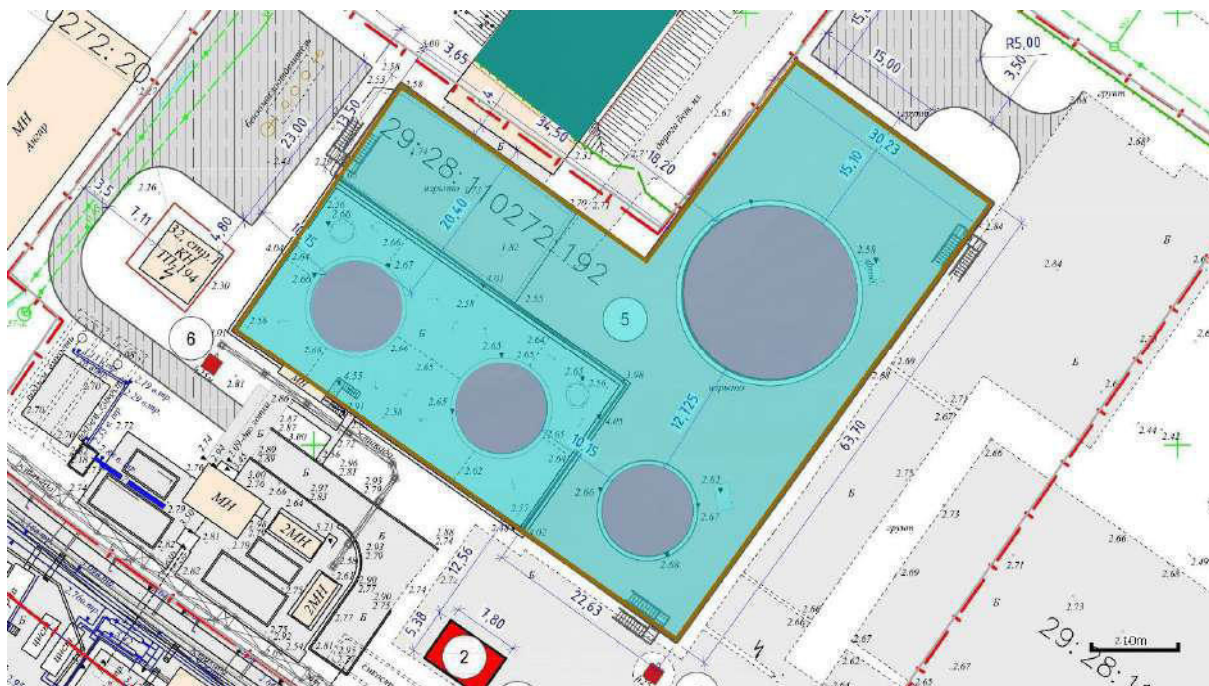
Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с·м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\Pi} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 2971,7 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$



Разгерметизация 100 мм

4.2.3. Разрушение

Частота возникновения: $5 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Объем вылившейся жидкости принимается равным объему емкости: $V_{\text{ж}} = 1000 \text{ м}^3$.

Имеется обвалование. При высоте столба жидкости 10,5 м и высоте обвалования (ограждения) 1,5 м доля жидкости, перелившейся через обвалование, составит 0,51.

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\text{перелив.}} = V_{\text{ж}} \cdot 0,51 \cdot f_p = 1000 \text{ м}^3 \cdot 0,51 \cdot 20 = 10142,9 \text{ м}^2.$$

Площадь пролива составляет сумму площади обвалования и площади перелива:

$$F_{\Pi} = F_{\text{обв.}} + F_{\text{перелив.}} = 2971,7 + 10142,9 = 13114,6 \text{ м}^2.$$

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 1000 \cdot 920 = 920000 \text{ кг.}$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

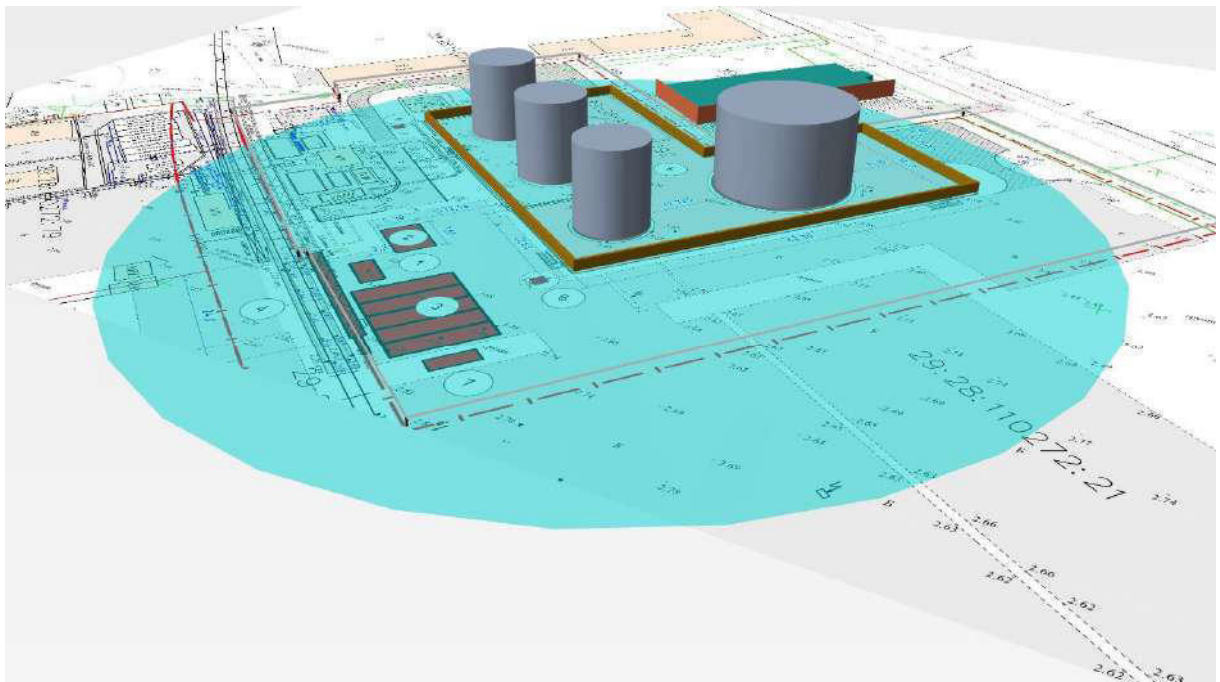
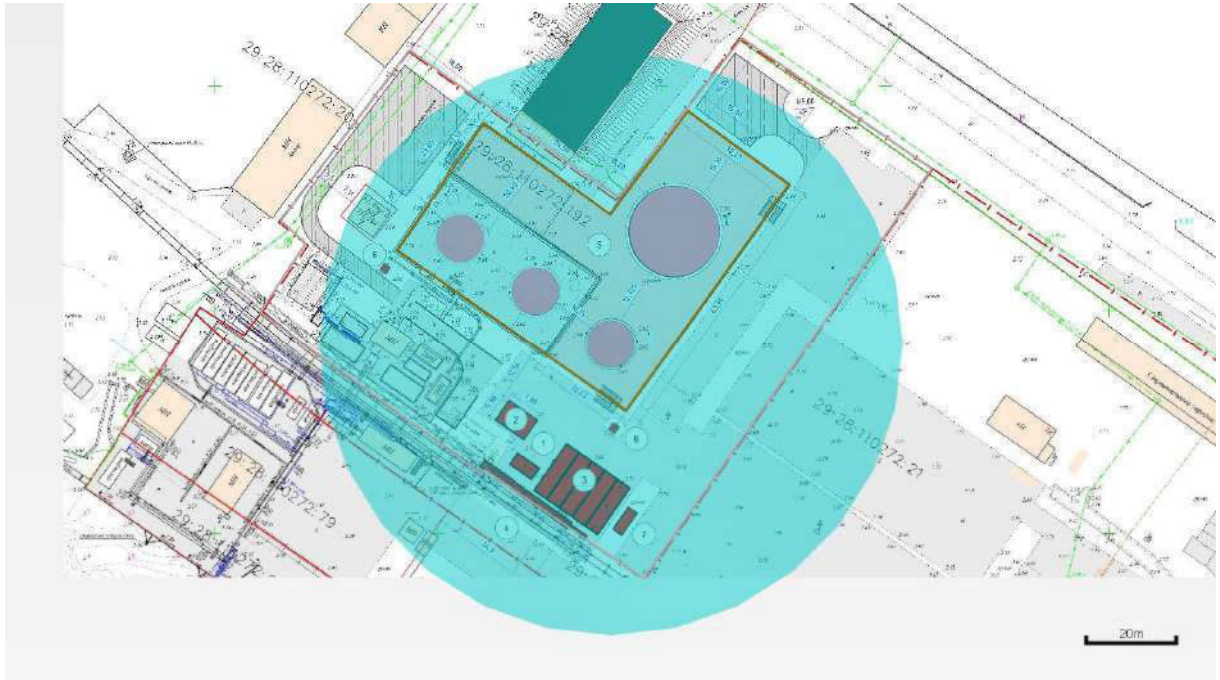
Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

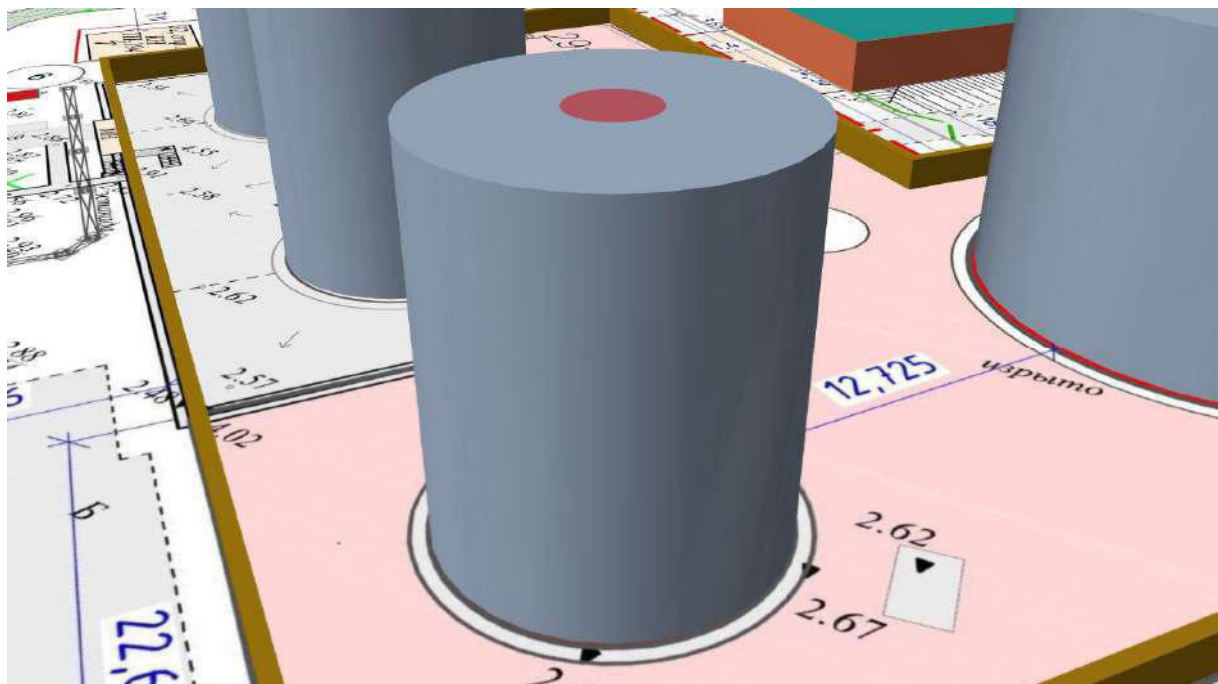
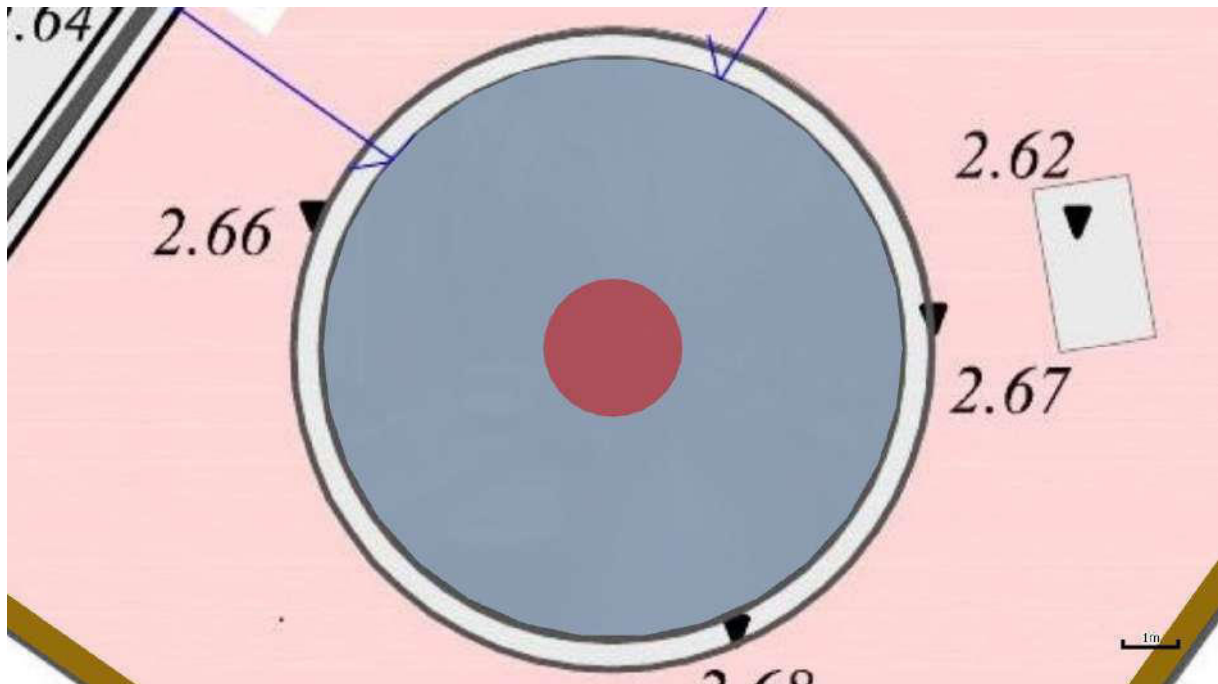
$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\text{п}} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 13114,6 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$



Разрушение

4.2.4. Пожар на дыхательной арматуре

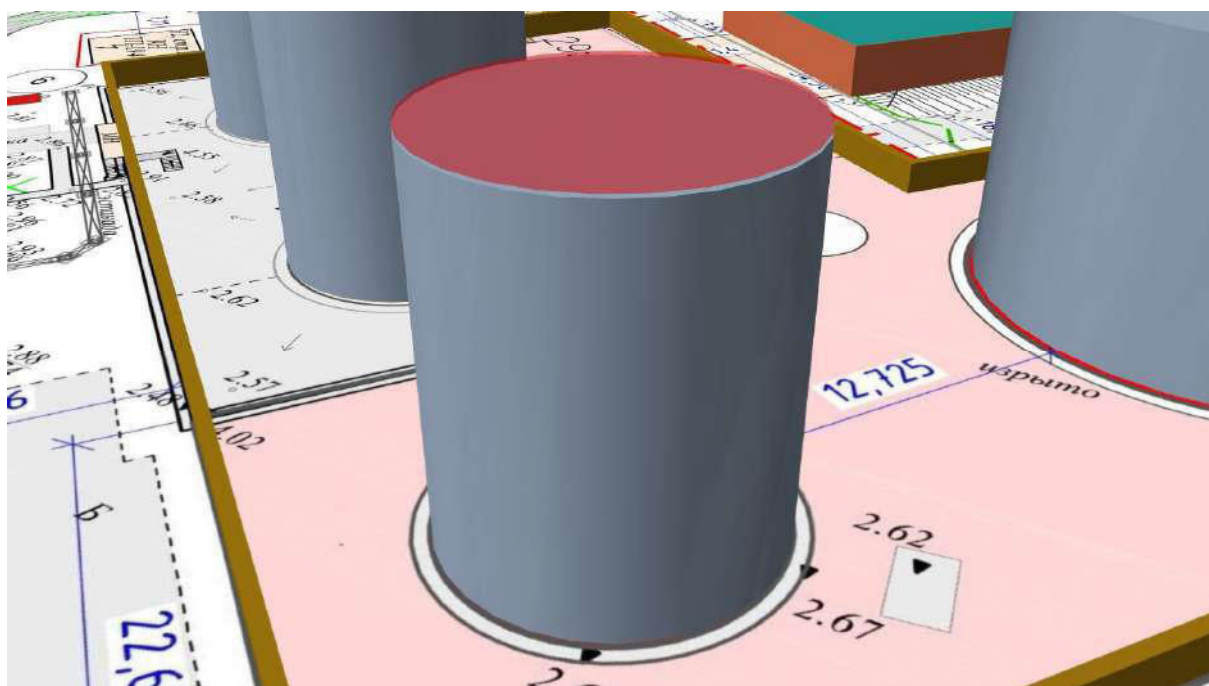
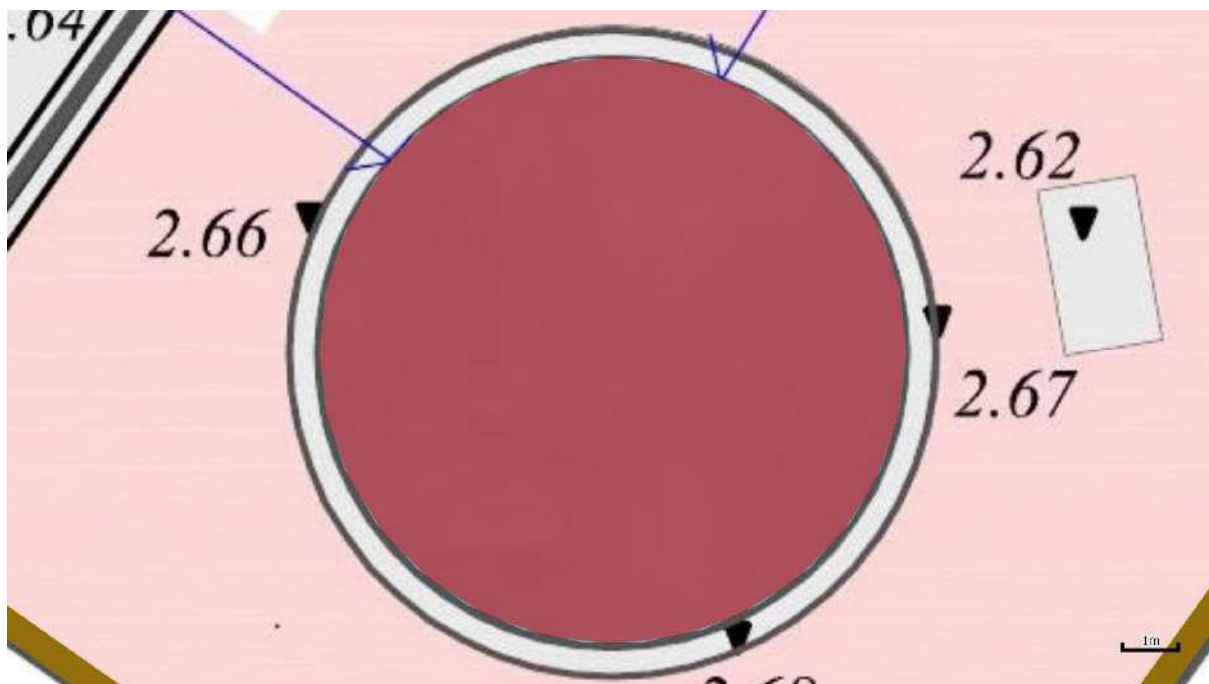
Площадь пожара на дыхательной арматуре принимается равной 5 м².



Площадь пожара

4.2.5. Пожар по всей поверхности

Площадь пожара принимается равной площади резервуара и составляет 86,6 м².



Площадь пожара

4.3. PBC_03

4.3.1. Разгерметизация 25 мм

Частота возникновения: $8,8 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Объемный расход истечения жидкости:

$$Q_{\text{ж}} = \mu \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sqrt{2gH_{\text{ж}}} = 0,7 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 10^{-6} / 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10,5} = 0,0049 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Массовый расход истечения жидкости:

$$G_{\text{ж}} = Q_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 0,0049 \cdot 920 = 4,537 \text{ кг/с}.$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

Объем вылившейся жидкости:

$$V_{\text{ж}} = 0,0049 \cdot 3600 = 0,0049 \cdot 3600 = 17,755 \text{ м}^3.$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\text{п}} = f_{\text{р}} \cdot V_{\text{ж}} = 20 \cdot 17,755 = 355,1 \text{ м}^2.$$

Поверхность пролива ограничивается обвалованием. Площадь пролива составляет 355,1 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 17,755 \cdot 920 = 16334,4 \text{ кг}.$$

Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с·м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\text{п}} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 355,1 \cdot 3600 = 0 \text{ кг}.$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\Pi} = f_p \cdot V_{\text{ж}} = 20 \cdot 284,076 = 5681,5 \text{ м}^2.$$

Площадь пролива ограничивается обвалованием и составляет 2971,7 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 284,076 \cdot 920 = 261349,9 \text{ кг.}$$

Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\Pi} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 2971,7 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 1000 \cdot 920 = 920000 \text{ кг.}$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

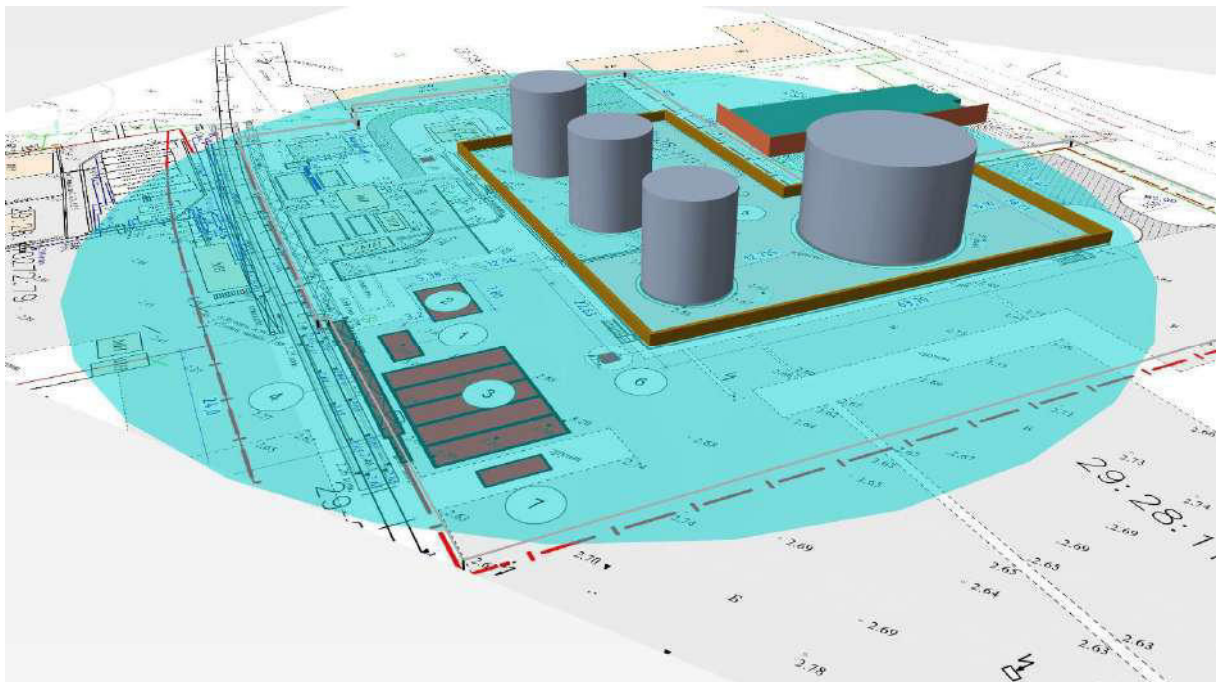
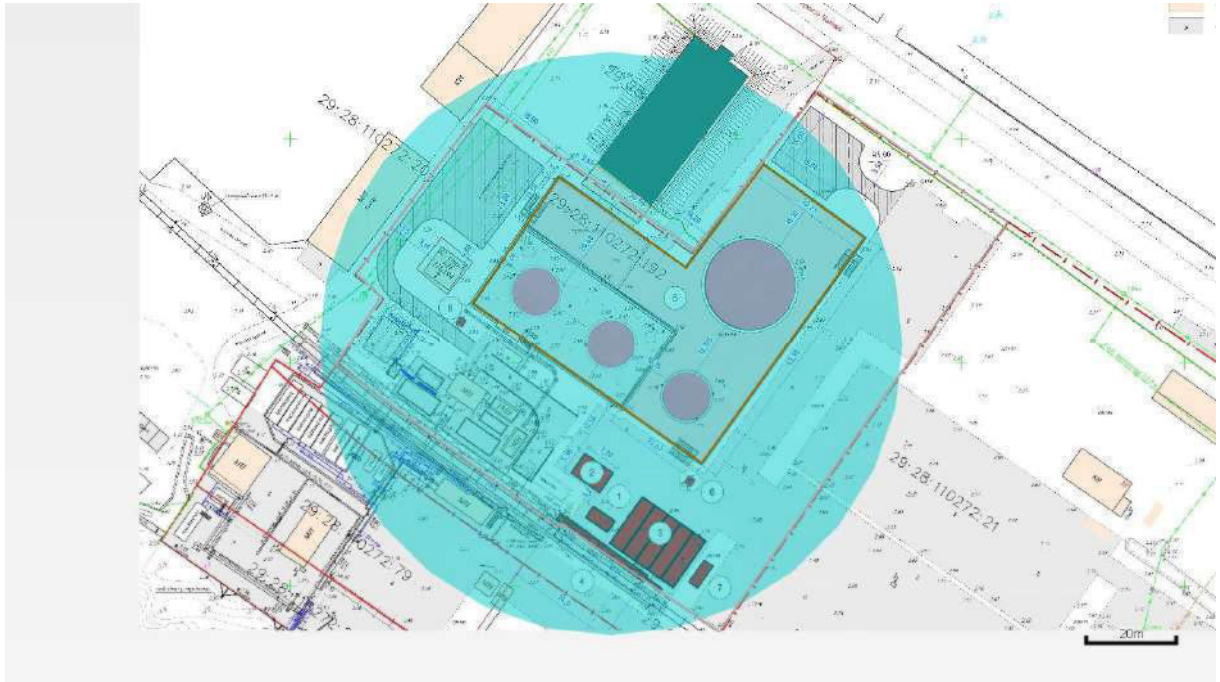
Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с·м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

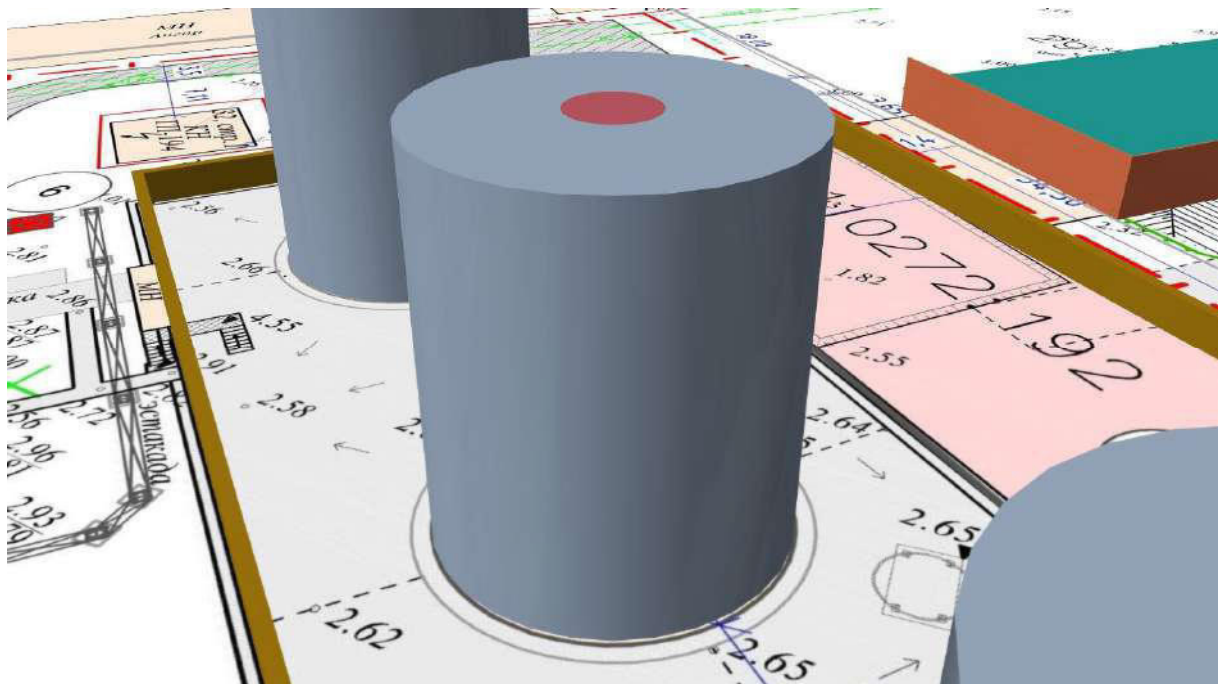
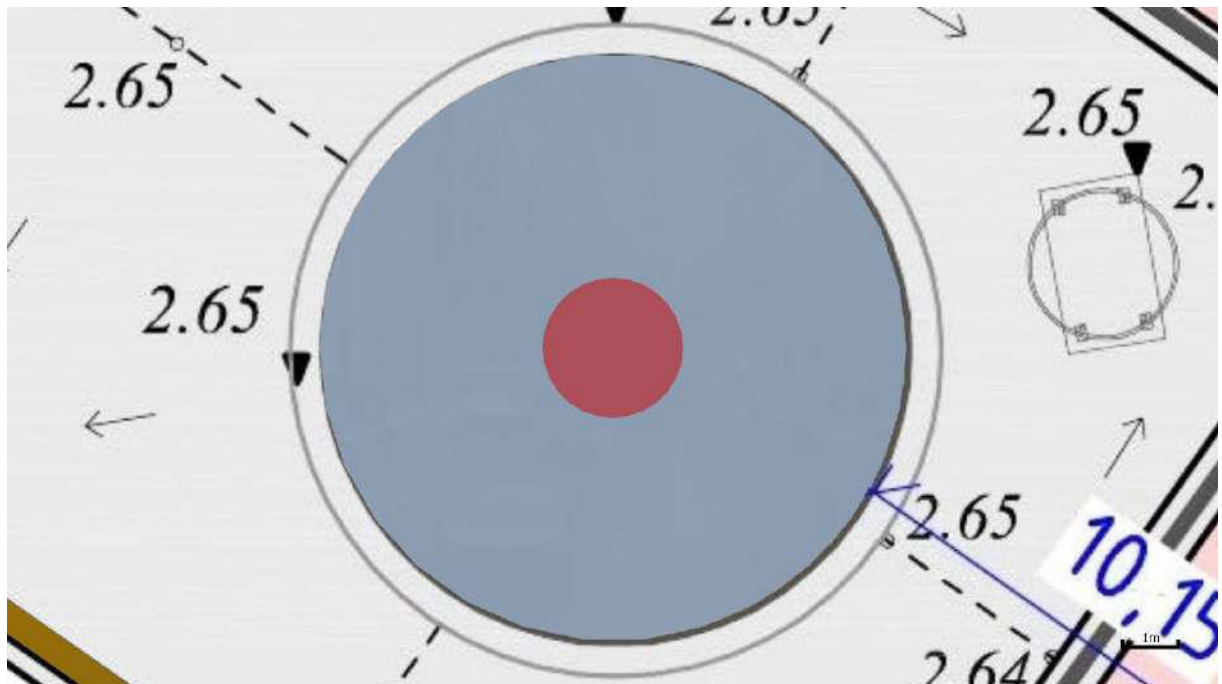
$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\text{п}} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 13114,6 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$



Разрушение

4.3.4. Пожар на дыхательной арматуре

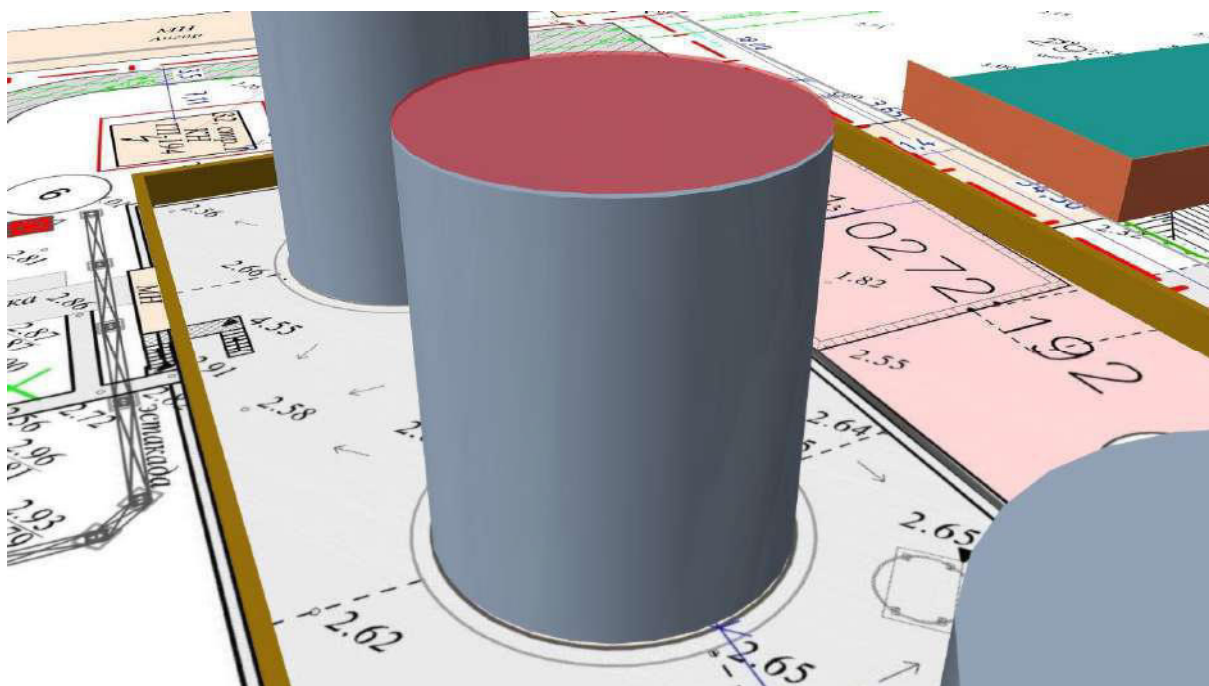
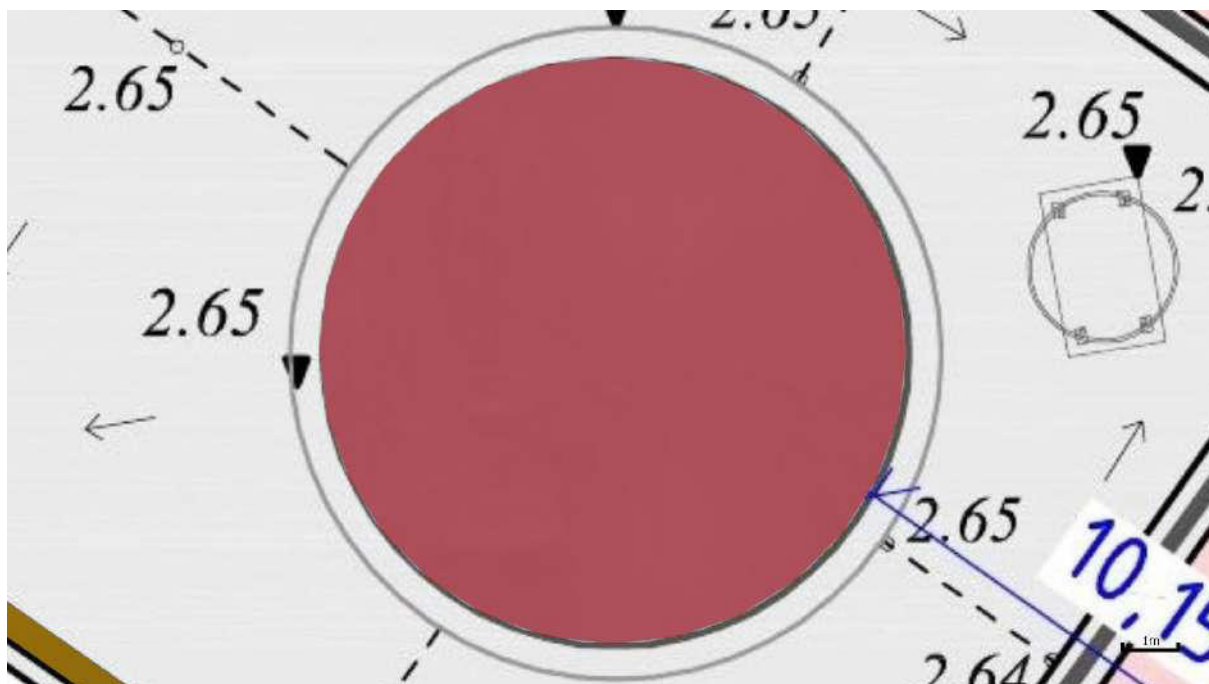
Площадь пожара на дыхательной арматуре принимается равной 5 м².



Площадь пожара

4.3.5. Пожар по всей поверхности

Площадь пожара принимается равной площади резервуара и составляет 86,6 м².



Площадь пожара

4.4. РВС_04

4.4.1. Разгерметизация 25 мм

Частота возникновения: $8,8 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Объемный расход истечения жидкости:

$$Q_{\text{ж}} = \mu \cdot \pi d^2 / 4 \cdot \sqrt{2gH_{\text{ж}}} = 0,7 \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot 10^{-6} / 4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10,5} = 0,0049 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Массовый расход истечения жидкости:

$$G_{\text{ж}} = Q_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 0,0049 \cdot 920 = 4,537 \text{ кг/с}.$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

Объем вылившейся жидкости:

$$V_{\text{ж}} = 0,0049 \cdot 3600 = 0,0049 \cdot 3600 = 17,755 \text{ м}^3.$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\text{п}} = f_{\text{р}} \cdot V_{\text{ж}} = 20 \cdot 17,755 = 355,1 \text{ м}^2.$$

Поверхность пролива ограничивается обвалованием. Площадь пролива составляет 355,1 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 17,755 \cdot 920 = 16334,4 \text{ кг}.$$

Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\text{п}} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 355,1 \cdot 3600 = 0 \text{ кг}.$$

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\Pi} = f_p \cdot V_{\text{ж}} = 20 \cdot 284,076 = 5681,5 \text{ м}^2.$$

Площадь пролива ограничивается обвалованием и составляет 2971,7 м².

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 284,076 \cdot 920 = 261349,9 \text{ кг.}$$

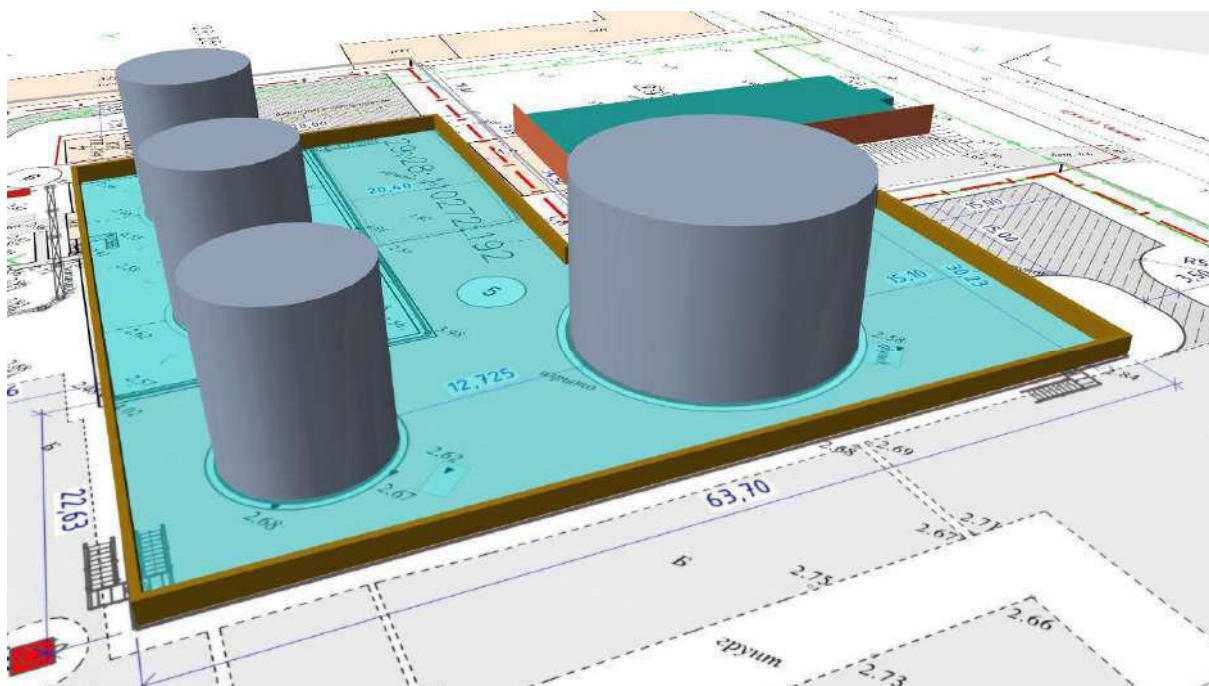
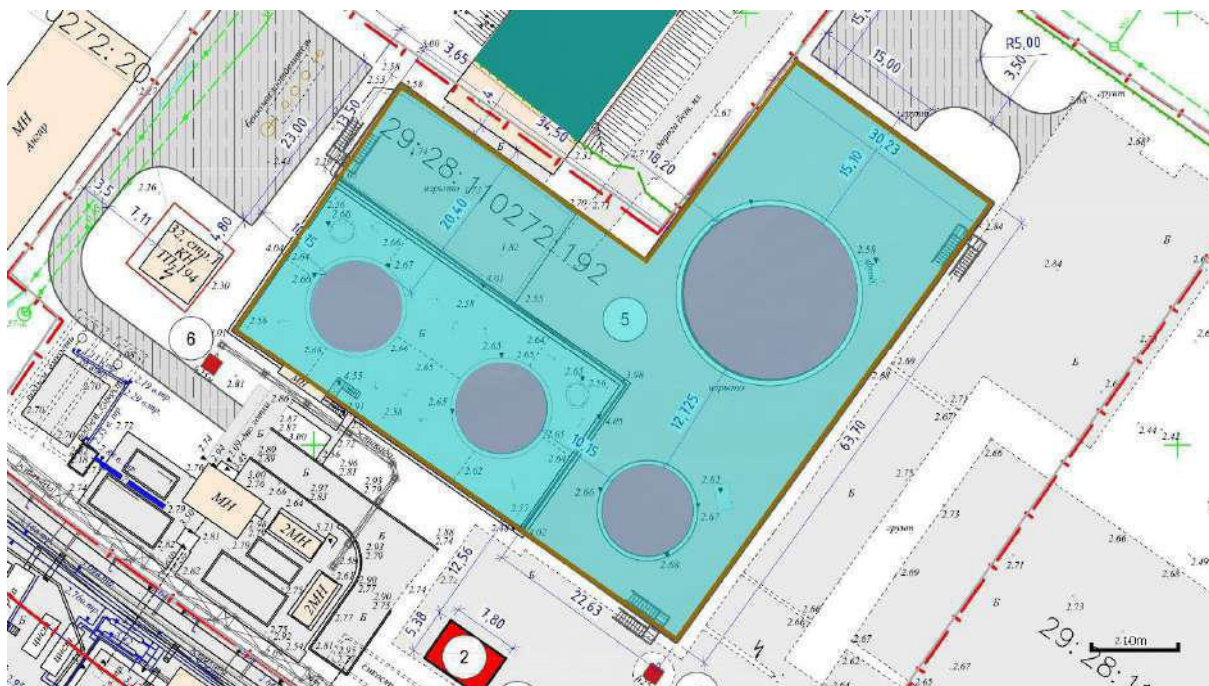
Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\Pi} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 2971,7 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$



Разгерметизация 100 мм

4.4.3. Разрушение

Частота возникновения: $5 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Объем вылившейся жидкости принимается равным объему емкости: $V_{\text{ж}} = 1000 \text{ м}^3$.

Имеется обвалование. При высоте столба жидкости 10,5 м и высоте обвалования (ограждения) 1,5 м доля жидкости, перелившейся через обвалование, составит 0,51.

Максимальная площадь пролива для данного объема жидкости:

$$F_{\text{перелив.}} = V_{\text{ж}} \cdot 0,51 \cdot f_p = 1000 \text{ м}^3 \cdot 0,51 \cdot 20 = 10142,9 \text{ м}^2.$$

Площадь пролива составляет сумму площади обвалования и площади перелива:

$$F_{\Pi} = F_{\text{обв.}} + F_{\text{перелив.}} = 2971,7 + 10142,9 = 13114,6 \text{ м}^2.$$

Масса вылившейся жидкости:

$$m_{\text{ж}} = V_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 1000 \cdot 920 = 920000 \text{ кг.}$$

Время испарения до появления источника зажигания: 3600 с.

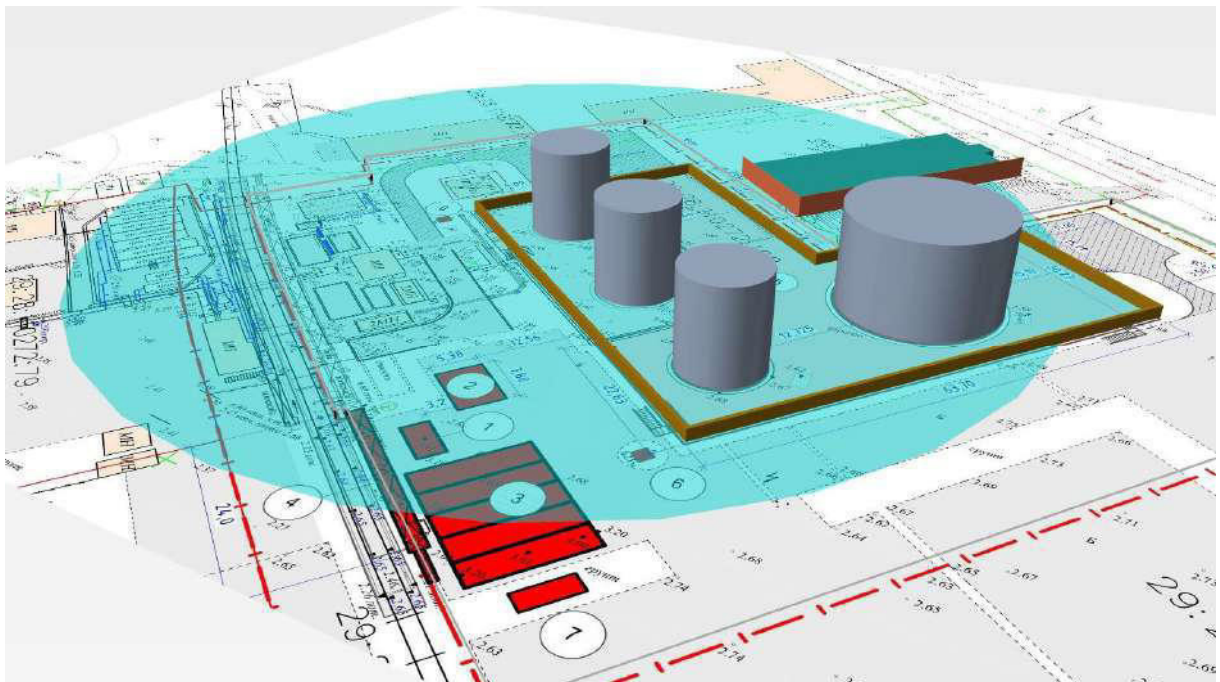
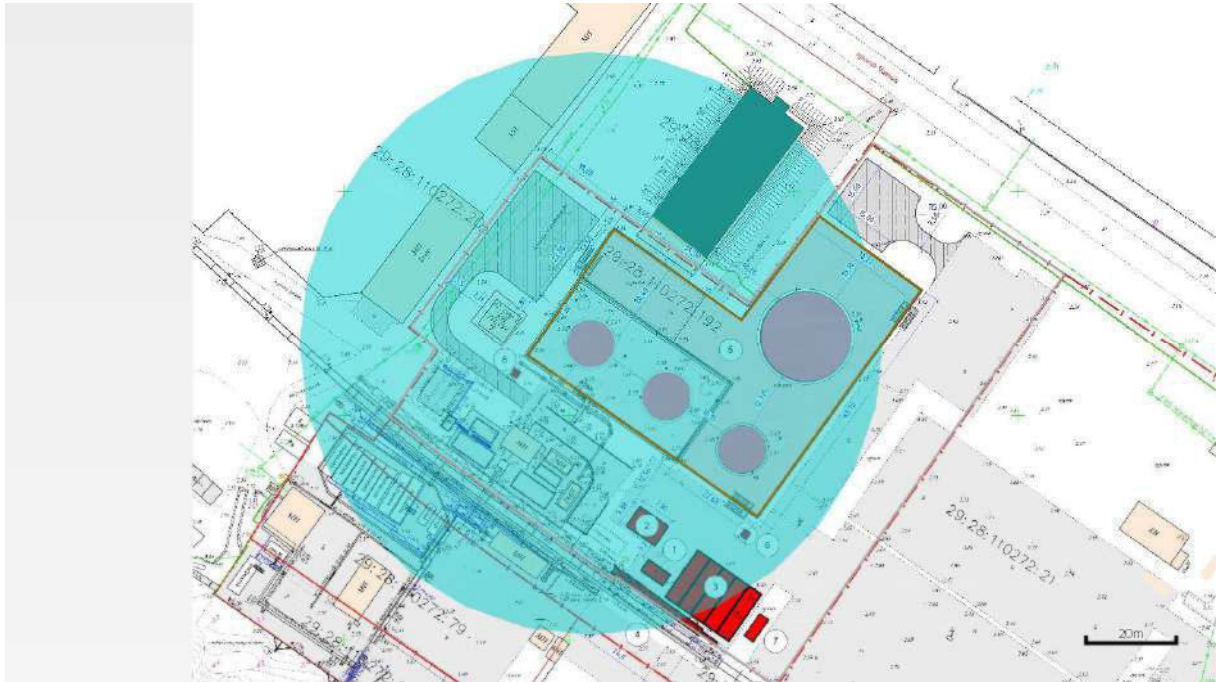
Давление насыщенных паров при температуре 34 °С составляет $P_{\text{н}} = 0$ кПа.

Интенсивность испарения с поверхности пролива:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{312,9} \cdot 0 = 1,883 \cdot 10^{-10} \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

Масса образовавшихся паров:

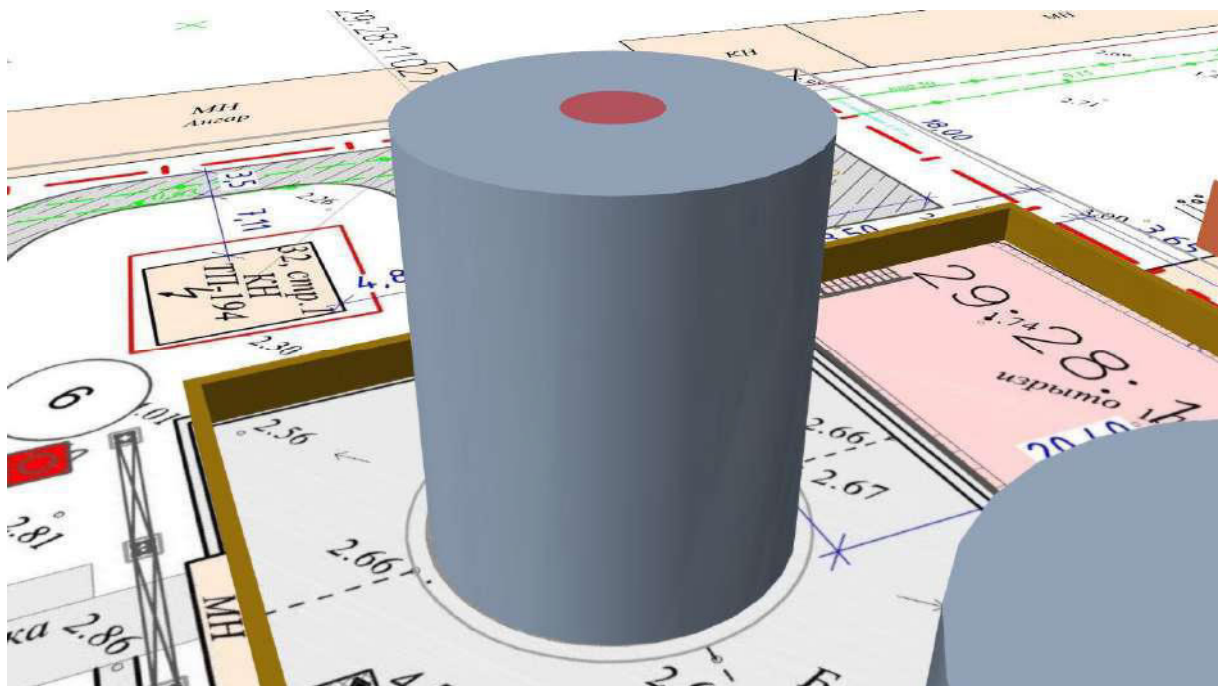
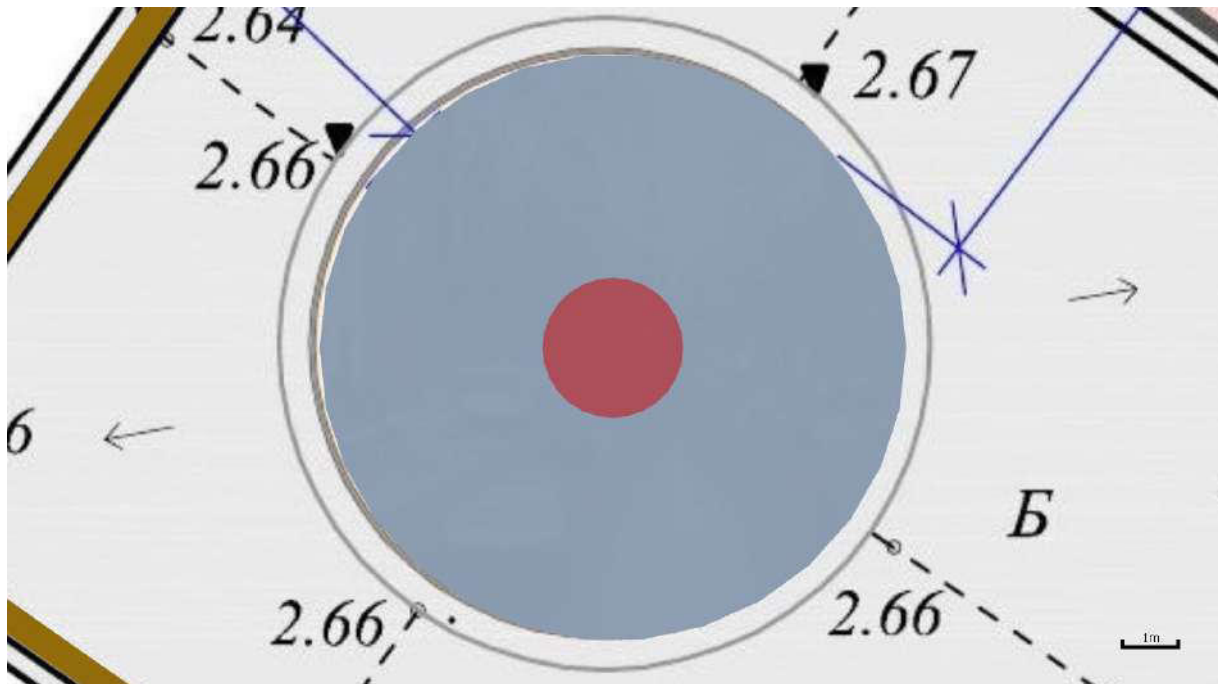
$$m_{\text{п}} = W \cdot F_{\text{п}} \cdot 3600 = 1,883 \cdot 10^{-10} \cdot 13114,6 \cdot 3600 = 0 \text{ кг.}$$



Разрушение

4.4.4. Пожар на дыхательной арматуре

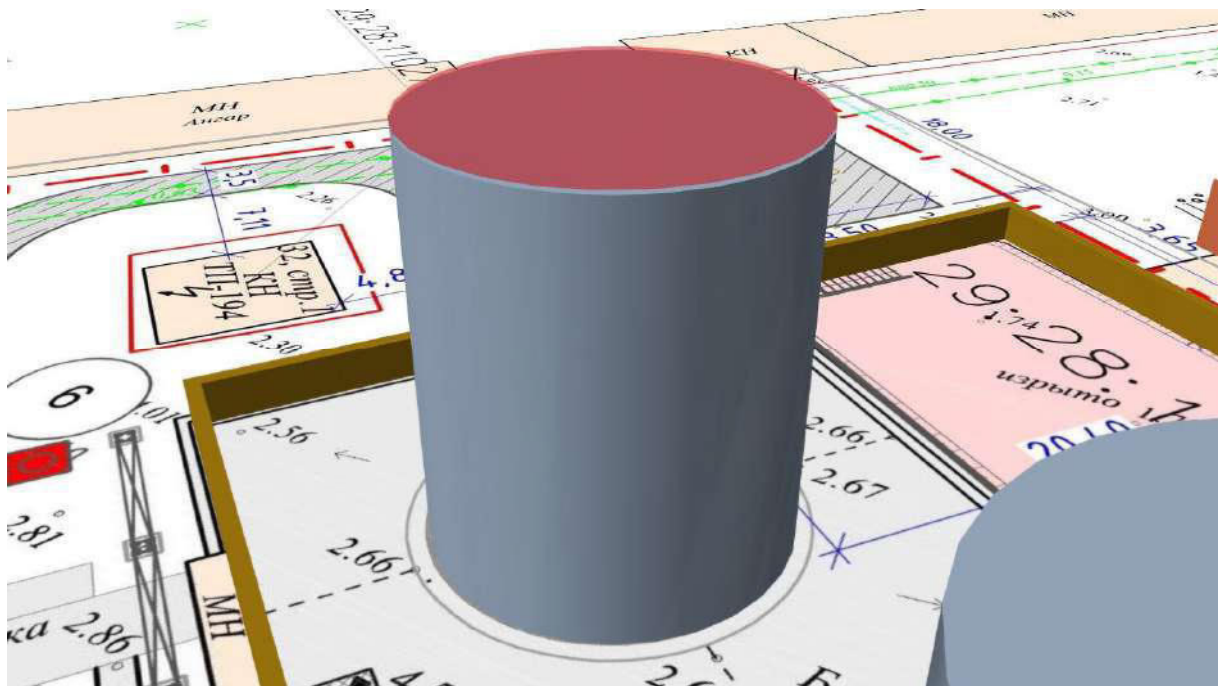
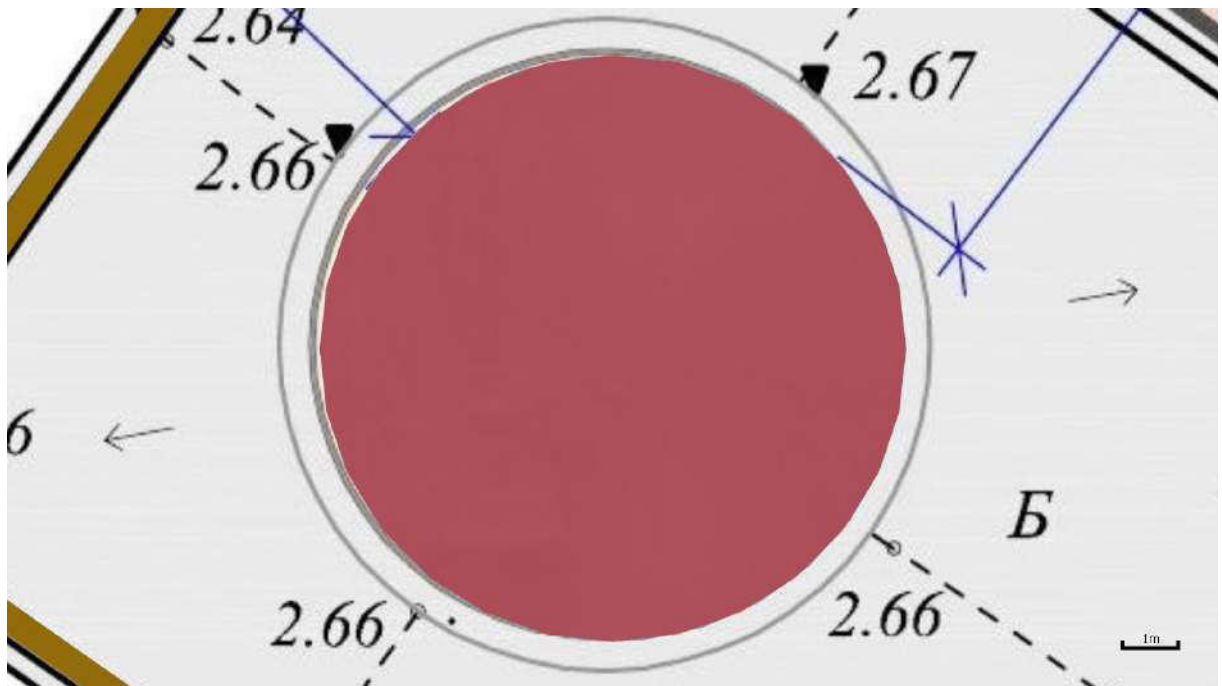
Площадь пожара на дыхательной арматуре принимается равной 5 м².



Площадь пожара

4.4.5. Пожар по всей поверхности

Площадь пожара принимается равной площади резервуара и составляет 86,6 м².



Площадь пожара

5. Построение полей опасных факторов пожара

5.1. РВС_01

5.1.1. Разгерметизация 25 мм

Пожар пролива (сценарий 1, 2)

Сценарий 1.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,015$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,015 = 1,32 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 2.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,985 \cdot 0,015 = 0,014775.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,014775 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 5,3 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 355,1 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 355,1}{\pi}} = 21,3 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 21,3}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 21,3 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 21,3}} \right)^{0,61} = 23,6 \text{ м}.$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 5,3 + 0,5 \cdot 21,3 = 15,9 \text{ м}.$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 23,6}{21,3} = 2,22; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 15,9}{21,3} = 1,49; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin\theta} = \\ &= \sqrt{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 2,22 \cdot (1,49 + 1) \cdot 0} = 3,34; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin\theta} = \\ &= \sqrt{2,22^2 + (1,49 - 1)^2 - 2 \cdot 2,22 \cdot (1,49 - 1) \cdot 0} = 2,27; \end{aligned}$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,49^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,49;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned} F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,49 \cdot \arctan(0,45) + 1,49 \cdot \left[\frac{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 2,22 \cdot 0)}{3,34 \cdot 2,27} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{3,34 \cdot 0,45}{2,27} \right) + \frac{1}{1,49} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,22 \cdot 1,49 - 1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) + \arctan \left(\frac{1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= 0,332. \end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned} F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ &- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \Bigg\} = \\ &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,45} \right) + \frac{0}{1,49} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,22 \cdot 1,49 - 1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) + \arctan \left(\frac{1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) \right] - \right. \\ &- \left[\frac{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 2,22 \cdot 0)}{3,34 \cdot 2,27} \right] \cdot \arctan \left(\frac{3,34 \cdot 0,45}{2,27} \right) \Bigg\} = \\ &= 0,217. \end{aligned}$$

$$\text{Угловой коэффициент облученности: } F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,332^2 + 0,217^2} = 0,397.$$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (15,9 - 0,5 \cdot 21,3)) = 0,996.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned} E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 21,3} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 21,3}) = 29,4 \text{ кВт/м}^2. \end{aligned}$$

$$\text{Интенсивность теплового излучения: } q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 29,4 \cdot 0,397 \cdot 0,996 = 11,6 \text{ кВт/м}^2.$$

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 18 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

$$\text{Площадь пожара: } F_{\Pi} = 355,1 \text{ м}^2.$$

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 355,1}{\pi}} = 21,3 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 21,3}{6,314}}} = 4,27.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\cos \theta = u_*^{-0,5} = 4,27^{-0,5} = 0,484;$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,484^2} = 0,875.$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 21,3 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 21,3}} \right)^{0,67} \cdot 4,27^{0,21} = 29,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 18 + 0,5 \cdot 21,3 = 28,7 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 29,3}{21,3} = 2,76; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 28,7}{21,3} = 2,7;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin \theta} = \\ = \sqrt{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,76 \cdot (2,7+1) \cdot 0,875} = 1,85;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin \theta} = \\ = \sqrt{2,76^2 + (2,7-1)^2 - 2 \cdot 2,76 \cdot (2,7-1) \cdot 0,875} = 1,51;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (2,7^2 - 1) \cdot 0,484^2} = 1,57;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -4,71 \cdot \arctan(0,68) + 4,71 \cdot \left[\frac{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,7 \cdot (1 + 2,76 \cdot 0,875)}{1,85 \cdot 1,51} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{1,85 \cdot 0,68}{1,51} \right) + \frac{0,484}{1,57} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,76 \cdot 2,7 - 2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) + \arctan \left(\frac{2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,303.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,68} \right) + \frac{0,875}{1,57} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,76 \cdot 2,7 - 2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) + \arctan \left(\frac{2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,7 \cdot (1 + 2,76 \cdot 0,875)}{1,85 \cdot 1,51} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,85 \cdot 0,68}{1,51} \right) \right\} = \\ = 0,661.$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,303^2 + 0,661^2} = 0,727.$

Коэффициент пропускания атмосферы:

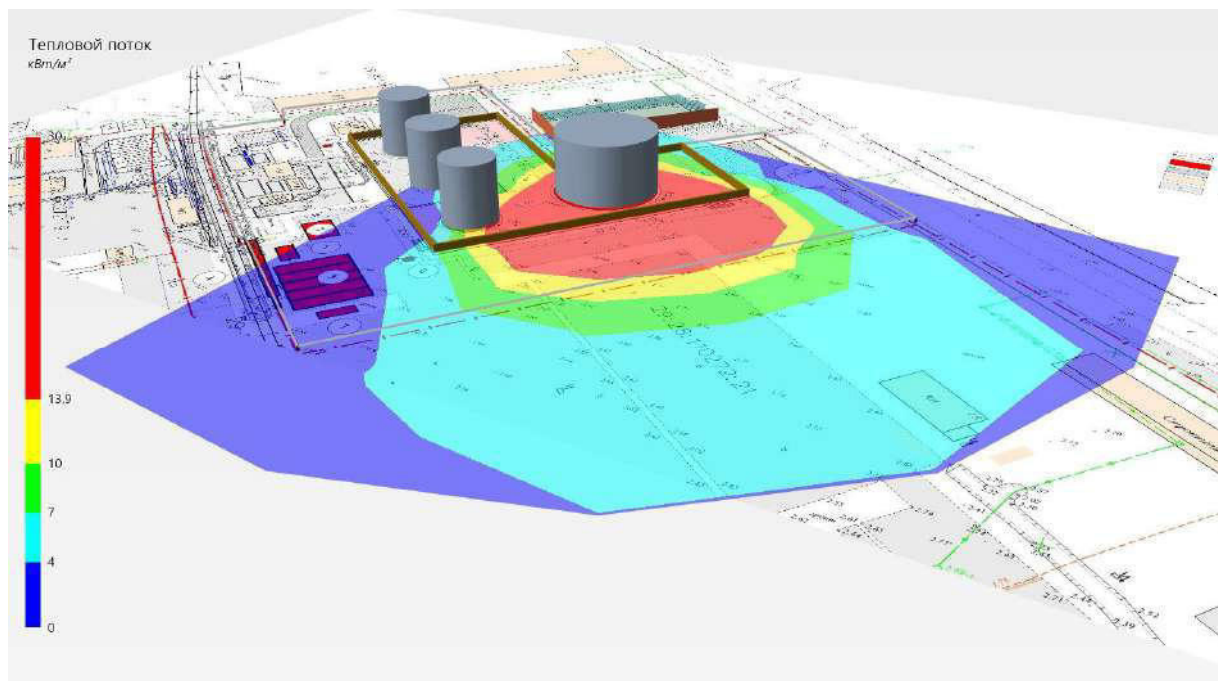
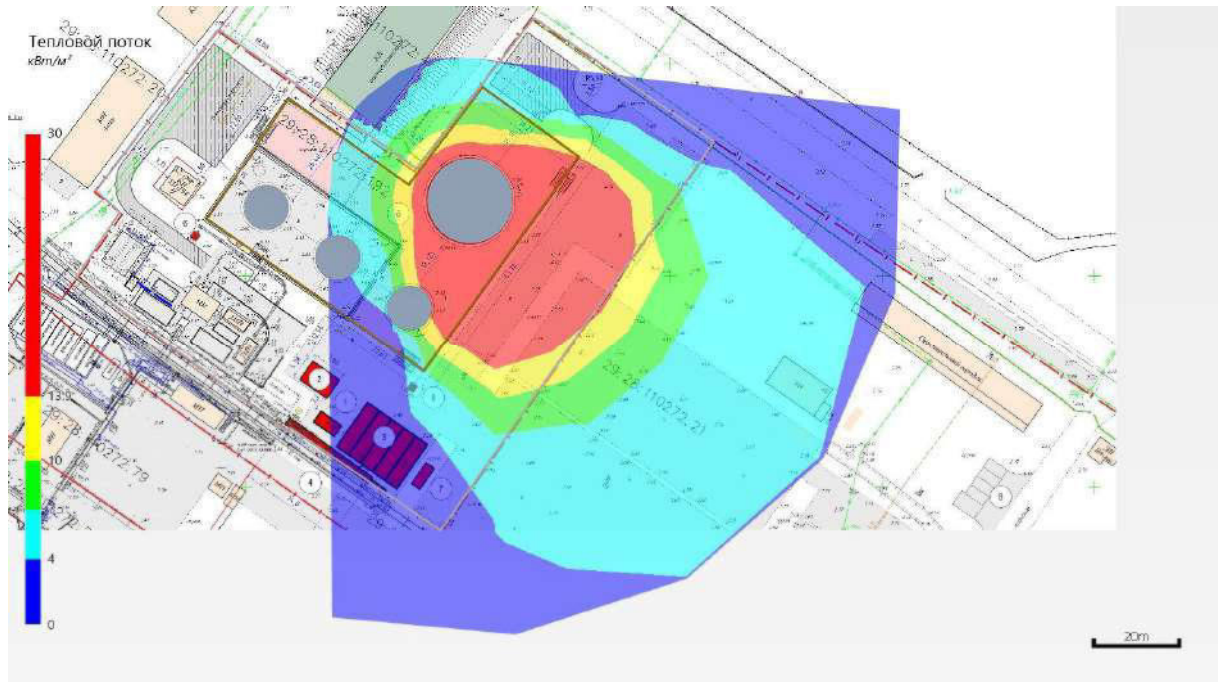
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (28,7 - 0,5 \cdot 21,3)) = 0,987.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned} E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 21,3} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 21,3}) = 29,4 \text{ кВт/м}^2. \end{aligned}$$

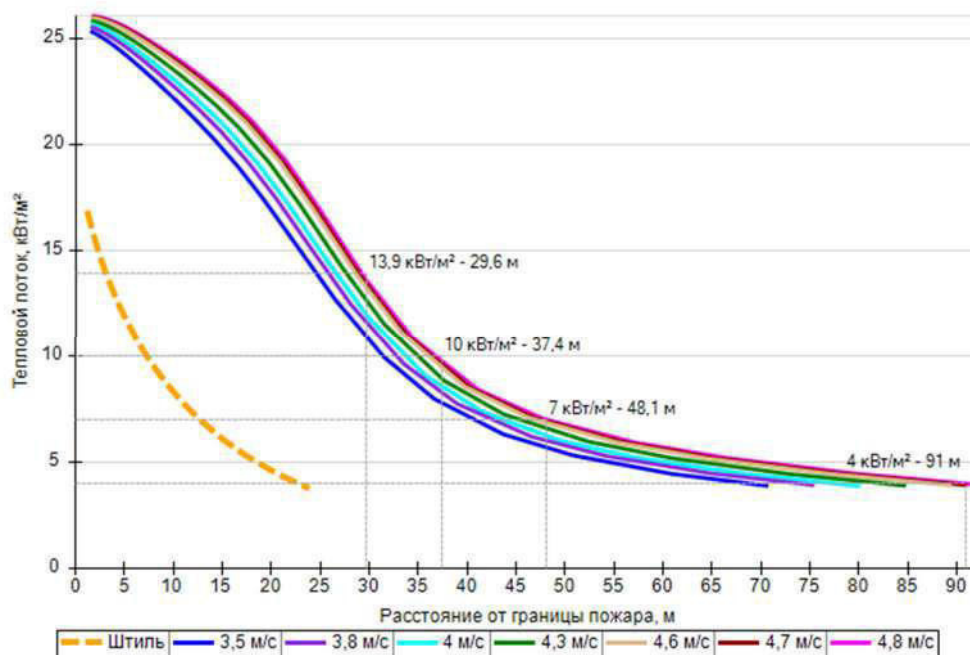
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 29,4 \cdot 0,727 \cdot 0,987 = 21,07 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.1.2. Разгерметизация 100 мм

Пожар пролива (сценарий 3, 4)

Сценарий 3.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,04$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04 = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 4.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,96 \cdot 0,042 = 0,04032.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04032 = 4,838 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 8,4 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 2971,7 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2971,7}{\pi}} = 61,5 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 61,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 61,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 61,5}} \right)^{0,61} = 49,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 8,4 + 0,5 \cdot 61,5 = 39,2 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 49,4}{61,5} = 1,61; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 39,2}{61,5} = 1,27;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} =$$

$$= \sqrt{1,61^2 + (1,27+1)^2 - 2 \cdot 1,61 \cdot (1,27+1) \cdot 0} = 2,78;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} =$$

$$= \sqrt{1,61^2 + (1,27-1)^2 - 2 \cdot 1,61 \cdot (1,27-1) \cdot 0} = 1,63;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,27^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,27;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} =$$

$$= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,26 \cdot \arctan(0,35) + 1,26 \cdot \left[\frac{1,61^2 + (1,27+1)^2 - 2 \cdot 1,27 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0)}{2,78 \cdot 1,63} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan\left(\frac{2,78 \cdot 0,35}{1,63}\right) + \frac{1}{1,27} \cdot \left[\arctan\left(\frac{1,61 \cdot 1,27 - 0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27}\right) + \arctan\left(\frac{0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27}\right) \right] \Bigg\} =$$

$$= 0,39.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right.$$

$$\left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} =$$

$$= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,35}\right) + \frac{0}{1,27} \cdot \left[\arctan\left(\frac{1,61 \cdot 1,27 - 0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27}\right) + \arctan\left(\frac{0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27}\right) \right] - \right.$$

$$\left. - \left[\frac{1,61^2 + (1,27+1)^2 - 2 \cdot 1,27 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0)}{2,78 \cdot 1,63} \right] \cdot \arctan\left(\frac{2,78 \cdot 0,35}{1,63}\right) \right\} =$$

$$= 0,273.$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,39^2 + 0,273^2} = 0,476.$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (39,2 - 0,5 \cdot 61,5)) = 0,994.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) =$$

$$= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 61,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 61,5}) = 20,1 \text{ кВт/м}^2.$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20,1 \cdot 0,476 \cdot 0,994 = 9,51 \text{ кВт/м}^2.$

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 22,1 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 2971,7 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2971,7}{\pi}} = 61,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 61,5}{6,314}}} = 3.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 3^{-0,5} = 0,578; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,578^2} = 0,816. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 61,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 61,5}} \right)^{0,67} \cdot 3^{0,21} = 55,2 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 22,1 + 0,5 \cdot 61,5 = 52,9 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 55,2}{61,5} = 1,79; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 52,9}{61,5} = 1,72; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,79 \cdot (1,72 + 1) \cdot 0,816} = 1,63; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,79^2 + (1,72 - 1)^2 - 2 \cdot 1,79 \cdot (1,72 - 1) \cdot 0,816} = 1,28; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,72^2 - 1) \cdot 0,578^2} = 1,29; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -4,07 \cdot \arctan(0,51) + 4,07 \cdot \left[\frac{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,72 \cdot (1 + 1,79 \cdot 0,816)}{1,63 \cdot 1,28} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,63 \cdot 0,51}{1,28} \right) + \frac{0,578}{1,29} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,79 \cdot 1,72 - 1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) + \arctan \left(\frac{1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,361.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,51} \right) + \frac{0,816}{1,29} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,79 \cdot 1,72 - 1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) + \arctan \left(\frac{1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,72 \cdot (1 + 1,79 \cdot 0,816)}{1,63 \cdot 1,28} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,63 \cdot 0,51}{1,28} \right) \right\} = \\
&= 0,715.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,361^2 + 0,715^2} = 0,801$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

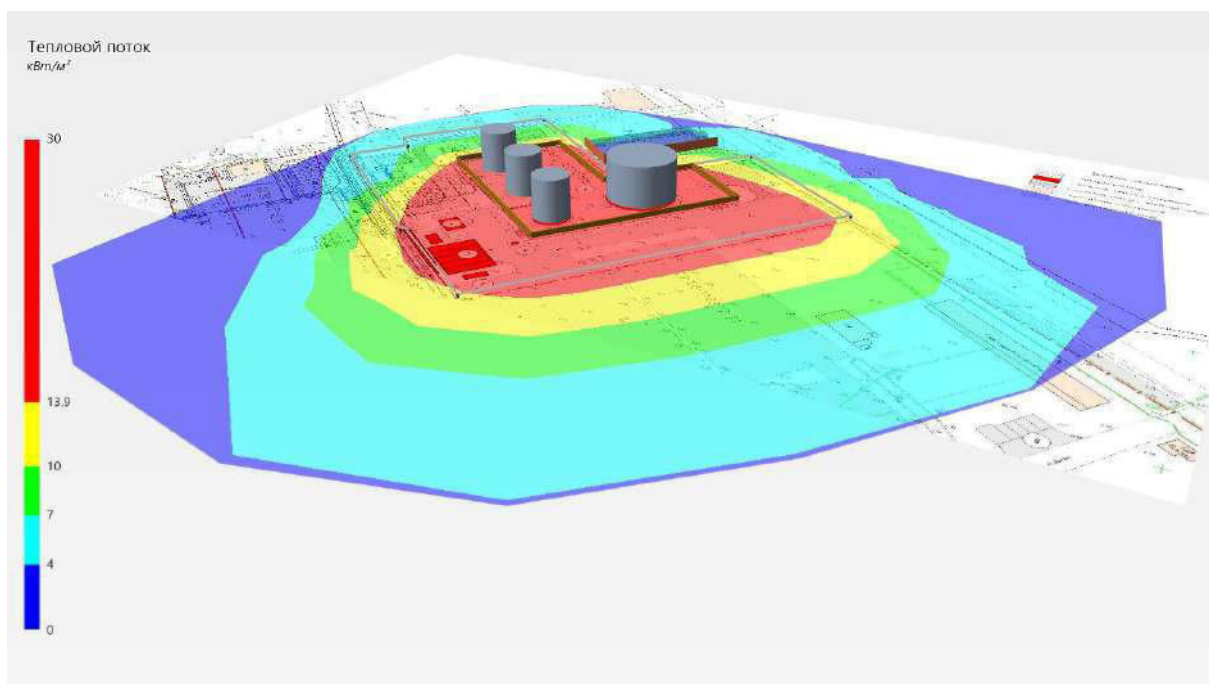
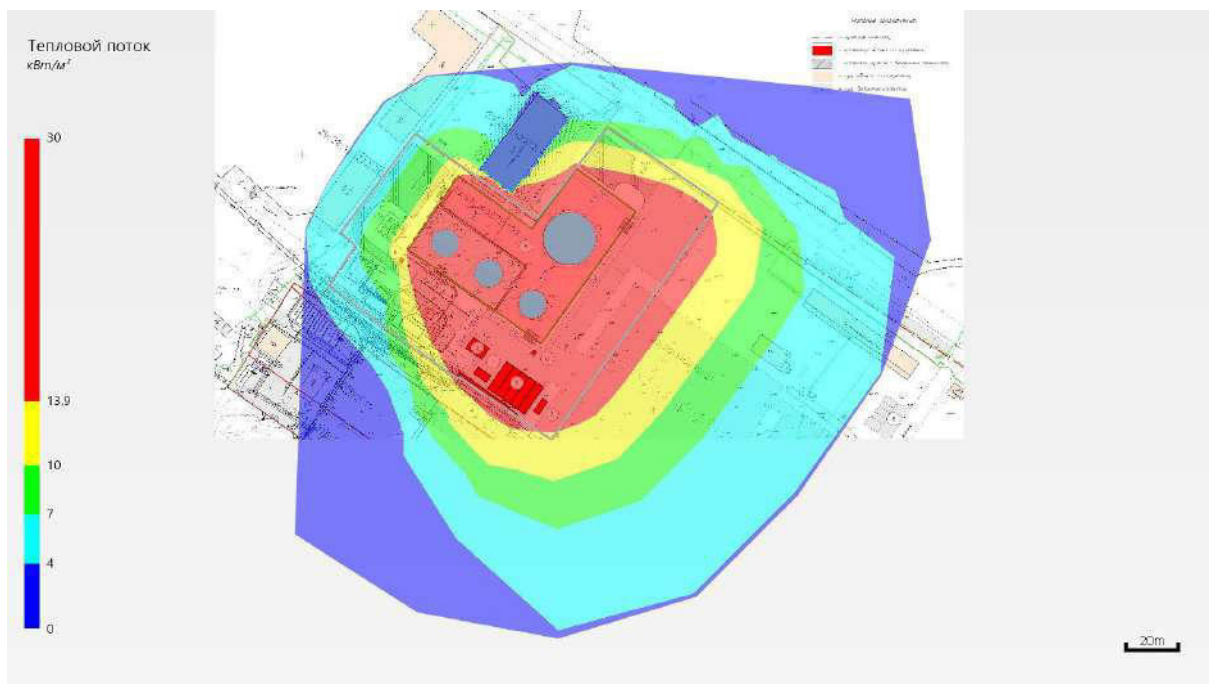
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (52,9 - 0,5 \cdot 61,5)) = 0,985.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 61,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 61,5}) = 20,1 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

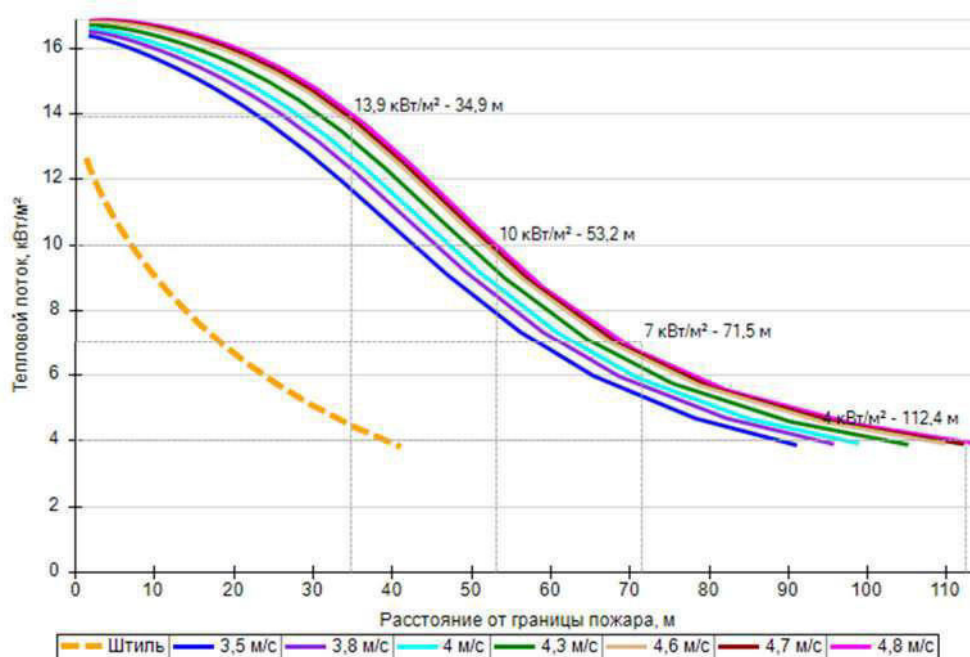
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20,1 \cdot 0,801 \cdot 0,985 = 15,83 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.1.3. Разрушение

Пожар пролива (сценарий 5, 6)

Сценарий 5.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,05$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 6.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,95 \cdot 0,061 = 0,05795.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05795 = 2,898 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 20,8 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 33400,3 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 33400,3}{\pi}} = 206,2 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 206,2}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 206,2 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 206,2}} \right)^{0,61} = 114,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 20,8 + 0,5 \cdot 206,2 = 123,9 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 114,4}{206,2} = 1,11; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 123,9}{206,2} = 1,2;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,11^2 + (1,2+1)^2 - 2 \cdot 1,11 \cdot (1,2+1) \cdot 0} = 2,47;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,11^2 + (1,2-1)^2 - 2 \cdot 1,11 \cdot (1,2-1) \cdot 0} = 1,13;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,2^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,2;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -0,92 \cdot \arctan(0,3) + 0,92 \cdot \left[\frac{1,11^2 + (1,2+1)^2 - 2 \cdot 1,2 \cdot (1 + 1,11 \cdot 0)}{2,47 \cdot 1,13} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{2,47 \cdot 0,3}{1,13} \right) + \frac{1}{1,2} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,11 \cdot 1,2 - 0,67^2 \cdot 0}{0,67 \cdot 1,2} \right) + \arctan \left(\frac{0,67^2 \cdot 0}{0,67 \cdot 1,2} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,414.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,3} \right) + \frac{0}{1,2} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,11 \cdot 1,2 - 0,67^2 \cdot 0}{0,67 \cdot 1,2} \right) + \arctan \left(\frac{0,67^2 \cdot 0}{0,67 \cdot 1,2} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{1,11^2 + (1,2+1)^2 - 2 \cdot 1,2 \cdot (1 + 1,11 \cdot 0)}{2,47 \cdot 1,13} \right] \cdot \arctan \left(\frac{2,47 \cdot 0,3}{1,13} \right) \right\} = \\ = 0,294.$$

$$\text{Угловой коэффициент облученности: } F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,414^2 + 0,294^2} = 0,508.$$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (123,9 - 0,5 \cdot 206,2)) = 0,986.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 206,2} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 206,2}) = 20 \text{ кВт/м}^2.$$

$$\text{Интенсивность теплового излучения: } q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 0,508 \cdot 0,986 = 10,01 \text{ кВт/м}^2.$$

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 39 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 33400,3 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 33400,3}{\pi}} = 206,2 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 206,2}{6,314}}} = 2.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 2^{-0,5} = 0,706; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,706^2} = 0,708. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 206,2 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 206,2}} \right)^{0,67} \cdot 2^{0,21} = 113,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 39 + 0,5 \cdot 206,2 = 142,1 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 113,3}{206,2} = 1,1; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 142,1}{206,2} = 1,38; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,1^2 + (1,38 + 1)^2 - 2 \cdot 1,1 \cdot (1,38 + 1) \cdot 0,708} = 1,78; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,1^2 + (1,38 - 1)^2 - 2 \cdot 1,1 \cdot (1,38 - 1) \cdot 0,708} = 0,87; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,38^2 - 1) \cdot 0,706^2} = 1,2; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,29 \cdot \arctan(0,4) + 1,29 \cdot \left[\frac{1,1^2 + (1,38 + 1)^2 - 2 \cdot 1,38 \cdot (1 + 1,1 \cdot 0,708)}{1,78 \cdot 0,87} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,78 \cdot 0,4}{0,87} \right) + \frac{0,706}{1,2} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,1 \cdot 1,38 - 0,95^2 \cdot 0,708}{0,95 \cdot 1,2} \right) + \arctan \left(\frac{0,95^2 \cdot 0,708}{0,95 \cdot 1,2} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,416.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,4} \right) + \frac{0,708}{1,2} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,1 \cdot 1,38 - 0,95^2 \cdot 0,708}{0,95 \cdot 1,2} \right) + \arctan \left(\frac{0,95^2 \cdot 0,708}{0,95 \cdot 1,2} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{1,1^2 + (1,38 + 1)^2 - 2 \cdot 1,38 \cdot (1 + 1,1 \cdot 0,708)}{1,78 \cdot 0,87} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,78 \cdot 0,4}{0,87} \right) \right\} = \\
&= 0,623.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,416^2 + 0,623^2} = 0,749$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

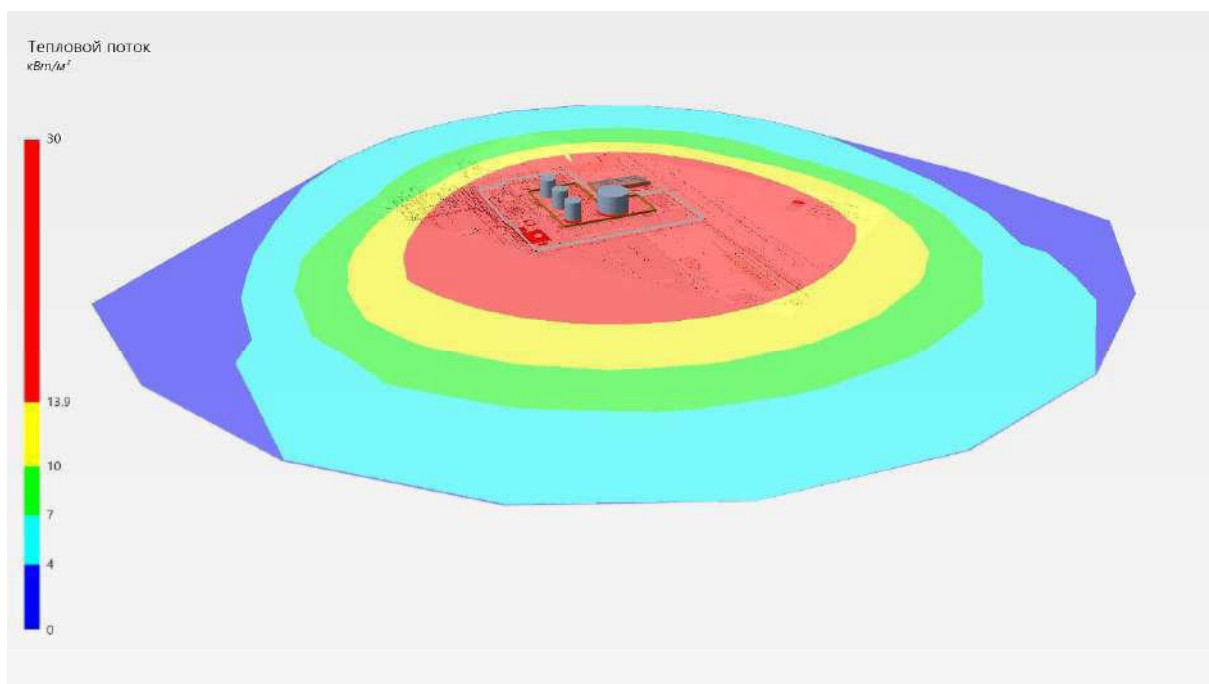
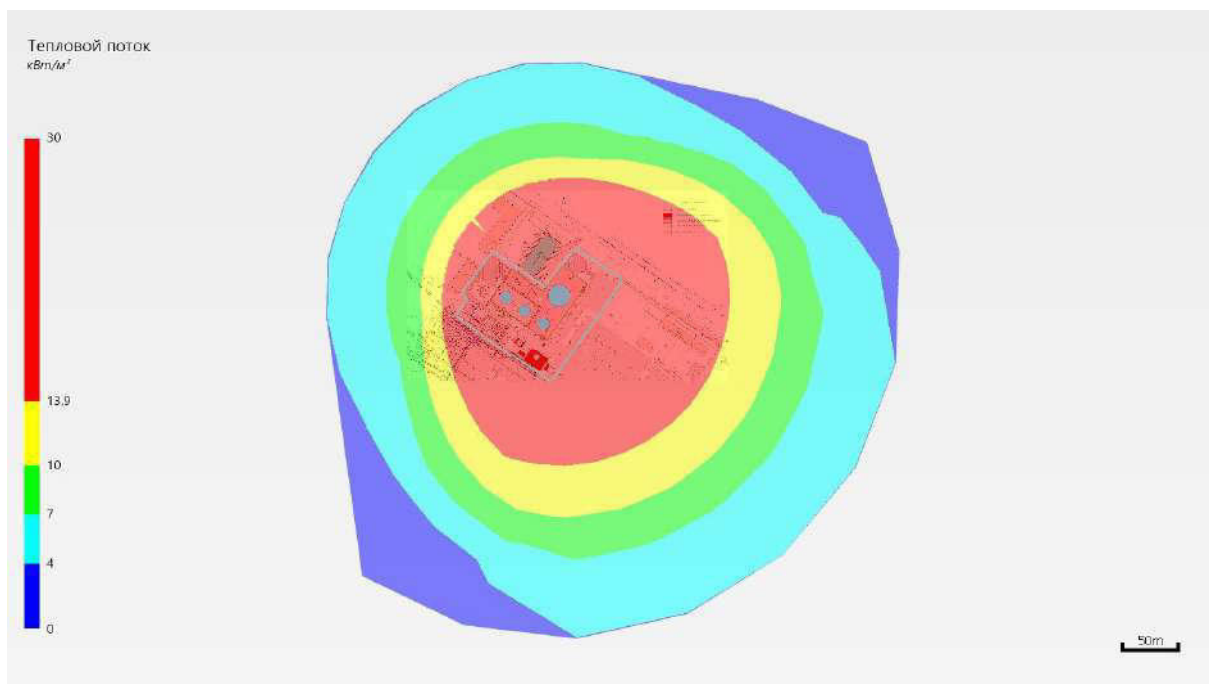
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (142,1 - 0,5 \cdot 206,2)) = 0,973.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 206,2} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 206,2}) = 20 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

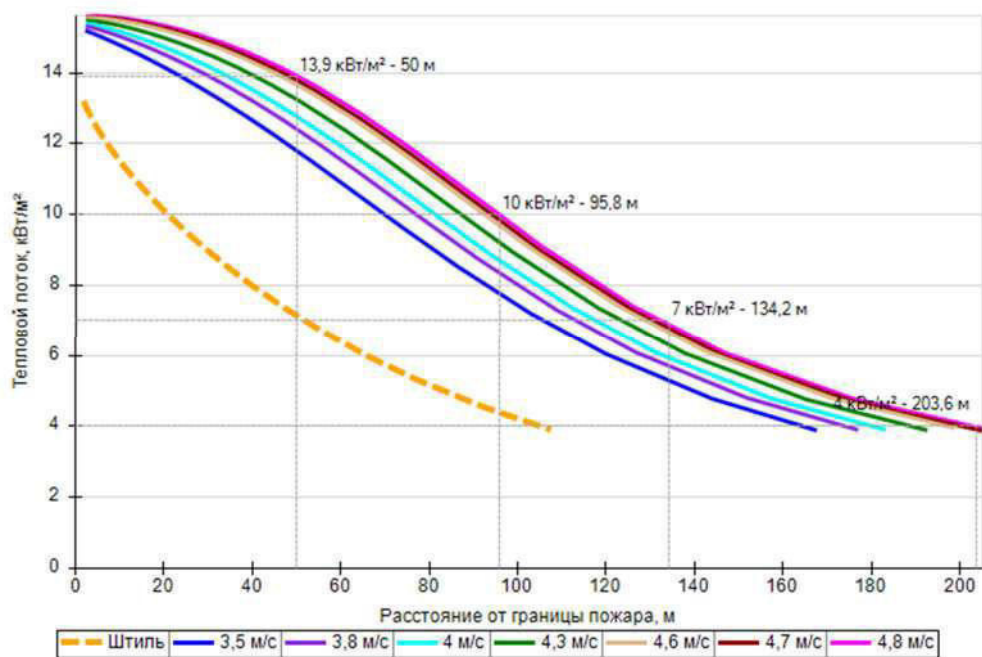
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 0,749 \cdot 0,973 = 14,58 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.1.4. Пожар на дыхательной арматуре

Пожар на дыхательной арматуре (сценарий 7)

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 2,7 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 5 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi}} = 2,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,5}} \right)^{0,61} = 5,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 2,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 4 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 5,4}{2,5} = 4,25; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 4}{2,5} = 3,18;$$

$$\begin{aligned}
A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 4,25 \cdot (3,18+1) \cdot 0} = 5,96; \\
B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{4,25^2 + (3,18-1)^2 - 2 \cdot 4,25 \cdot (3,18-1) \cdot 0} = 4,78; \\
C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (3,18^2 - 1) \cdot 1^2} = 3,18;
\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,34 \cdot \arctan(0,72) + 1,34 \cdot \left[\frac{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 3,18 \cdot (1 + 4,25 \cdot 0)}{5,96 \cdot 4,78} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{5,96 \cdot 0,72}{4,78}\right) + \frac{1}{3,18} \cdot \left[\arctan\left(\frac{4,25 \cdot 3,18 - 3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) + \arctan\left(\frac{3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,149.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,72}\right) + \frac{0}{3,18} \cdot \left[\arctan\left(\frac{4,25 \cdot 3,18 - 3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) + \arctan\left(\frac{3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 3,18 \cdot (1 + 4,25 \cdot 0)}{5,96 \cdot 4,78} \right] \cdot \arctan\left(\frac{5,96 \cdot 0,72}{4,78}\right) \Bigg\} = \\
&= 0,078.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,149^2 + 0,078^2} = 0,168$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (4 - 0,5 \cdot 2,5)) = 0,998.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 2,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 2,5}) = 108,7 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 108,7 \cdot 0,168 \cdot 0,998 = 18,27 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 15,7 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 5 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi}} = 2,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{6,314}}} = 8,68.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 8,68^{-0,5} = 0,339; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,339^2} = 0,941. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,5}} \right)^{0,67} \cdot 8,68^{0,21} = 8,2 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 15,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 17 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 8,2}{2,5} = 6,54; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 17}{2,5} = 13,45; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{6,54^2 + (13,45+1)^2 - 2 \cdot 6,54 \cdot (13,45+1) \cdot 0,941} = 8,6; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{6,54^2 + (13,45-1)^2 - 2 \cdot 6,54 \cdot (13,45-1) \cdot 0,941} = 6,68; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (13,45^2 - 1) \cdot 0,339^2} = 4,66; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned} F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -0,3 \cdot \arctan(0,93) + 0,3 \cdot \left[\frac{6,54^2 + (13,45+1)^2 - 2 \cdot 13,45 \cdot (1 + 6,54 \cdot 0,941)}{8,6 \cdot 6,68} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{8,6 \cdot 0,93}{6,68} \right) + \frac{0,339}{4,66} \cdot \left[\arctan \left(\frac{6,54 \cdot 13,45 - 13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66} \right) + \arctan \left(\frac{13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= 0,022. \end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,93}\right) + \frac{0,941}{4,66} \cdot \left[\arctan\left(\frac{6,54 \cdot 13,45 - 13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66}\right) + \arctan\left(\frac{13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 13,45 \cdot (1 + 6,54 \cdot 0,941)}{8,6 \cdot 6,68} \right] \cdot \arctan\left(\frac{8,6 \cdot 0,93}{6,68}\right) \right\} = \\
&= 0,163.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,022^2 + 0,163^2} = 0,164$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

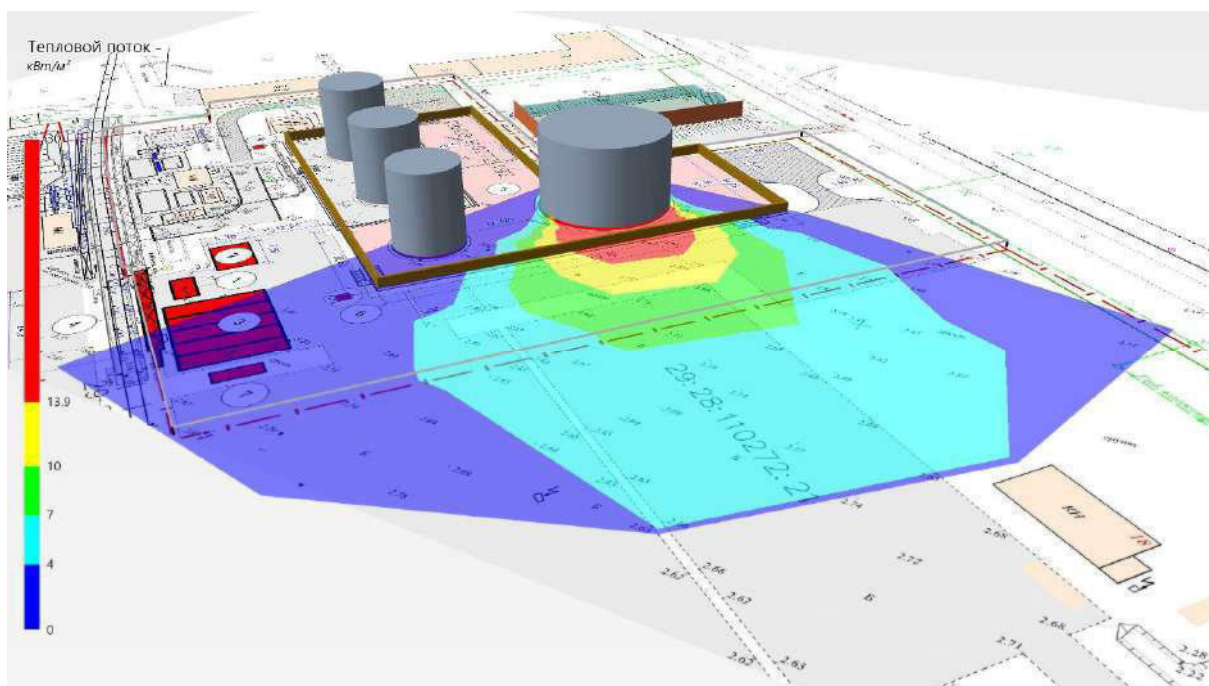
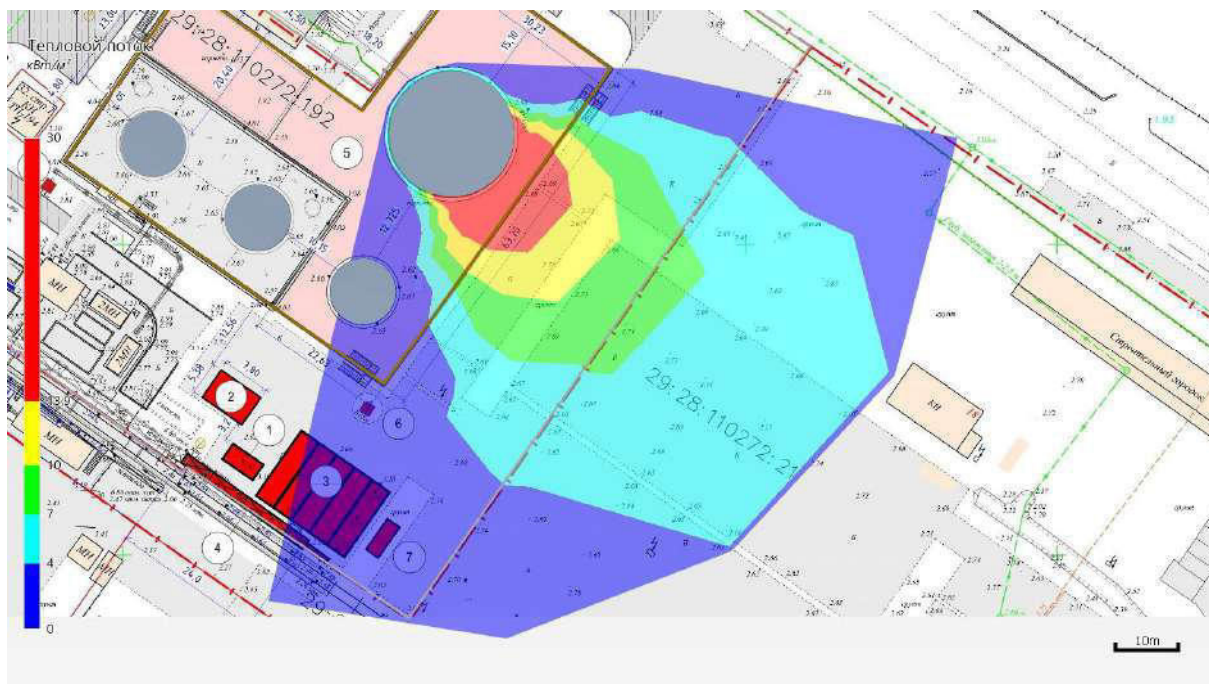
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (17 - 0,5 \cdot 2,5)) = 0,989.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 2,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 2,5}) = 108,7 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

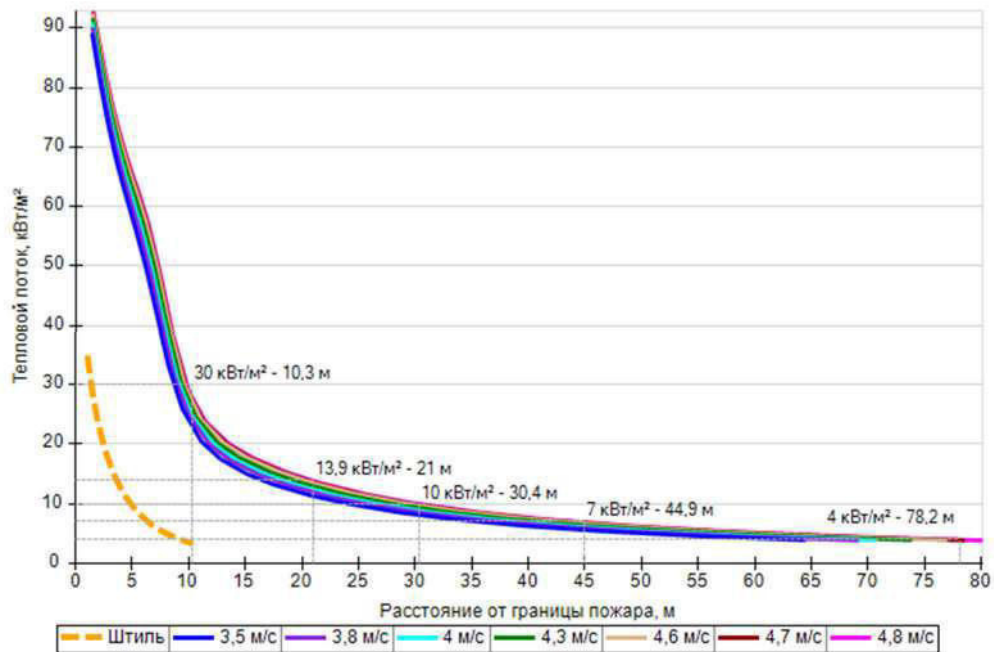
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 108,7 \cdot 0,164 \cdot 0,989 = 17,67 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.1.5. Пожар по всей поверхности

Пожар по всей поверхности (сценарий 8)

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 5,3 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 314,2 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 314,2}{\pi}} = 20 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 20}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 20 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 20}} \right)^{0,61} = 22,6 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 5,3 + 0,5 \cdot 20 = 15,3 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 22,6}{20} = 2,26; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 15,3}{20} = 1,53;$$

$$\begin{aligned}
A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{2,26^2 + (1,53+1)^2 - 2 \cdot 2,26 \cdot (1,53+1) \cdot 0} = 3,39; \\
B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{2,26^2 + (1,53-1)^2 - 2 \cdot 2,26 \cdot (1,53-1) \cdot 0} = 2,32; \\
C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,53^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,53;
\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,48 \cdot \arctan(0,46) + 1,48 \cdot \left[\frac{2,26^2 + (1,53+1)^2 - 2 \cdot 1,53 \cdot (1 + 2,26 \cdot 0)}{3,39 \cdot 2,32} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{3,39 \cdot 0,46}{2,32}\right) + \frac{1}{1,53} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,26 \cdot 1,53 - 1,15^2 \cdot 0}{1,15 \cdot 1,53}\right) + \arctan\left(\frac{1,15^2 \cdot 0}{1,15 \cdot 1,53}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,325.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,46}\right) + \frac{0}{1,53} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,26 \cdot 1,53 - 1,15^2 \cdot 0}{1,15 \cdot 1,53}\right) + \arctan\left(\frac{1,15^2 \cdot 0}{1,15 \cdot 1,53}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{2,26^2 + (1,53+1)^2 - 2 \cdot 1,53 \cdot (1 + 2,26 \cdot 0)}{3,39 \cdot 2,32} \right] \cdot \arctan\left(\frac{3,39 \cdot 0,46}{2,32}\right) \right\} = \\
&= 0,211.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,325^2 + 0,211^2} = 0,387$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (15,3 - 0,5 \cdot 20)) = 0,996.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 20} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 20}) = 30,9 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 30,9 \cdot 0,387 \cdot 0,996 = 11,92 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 18,6 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 314,2 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 314,2}{\pi}} = 20 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 20}{6,314}}} = 4,36.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\cos \theta = u_*^{-0,5} = 4,36^{-0,5} = 0,479;$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,479^2} = 0,878.$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 20 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 20}} \right)^{0,67} \cdot 4,36^{0,21} = 28,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 18,6 + 0,5 \cdot 20 = 28,6 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 28,3}{20} = 2,83; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 28,6}{20} = 2,86;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin \theta} =$$

$$= \sqrt{2,83^2 + (2,86+1)^2 - 2 \cdot 2,83 \cdot (2,86+1) \cdot 0,878} = 1,93;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin \theta} =$$

$$= \sqrt{2,83^2 + (2,86-1)^2 - 2 \cdot 2,83 \cdot (2,86-1) \cdot 0,878} = 1,49;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (2,86^2 - 1) \cdot 0,479^2} = 1,63;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} =$$

$$= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -3,56 \cdot \arctan(0,69) + 3,56 \cdot \left[\frac{2,83^2 + (2,86+1)^2 - 2 \cdot 2,86 \cdot (1 + 2,83 \cdot 0,878)}{1,93 \cdot 1,49} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan \left(\frac{1,93 \cdot 0,69}{1,49} \right) + \frac{0,479}{1,63} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,83 \cdot 2,86 - 2,68^2 \cdot 0,878}{2,68 \cdot 1,63} \right) + \arctan \left(\frac{2,68^2 \cdot 0,878}{2,68 \cdot 1,63} \right) \right] \Bigg\} =$$

$$= 0,299.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,69}\right) + \frac{0,878}{1,63} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,83 \cdot 2,86 - 2,68^2 \cdot 0,878}{2,68 \cdot 1,63}\right) + \arctan\left(\frac{2,68^2 \cdot 0,878}{2,68 \cdot 1,63}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{2,83^2 + (2,86+1)^2 - 2 \cdot 2,86 \cdot (1 + 2,83 \cdot 0,878)}{1,93 \cdot 1,49} \right] \cdot \arctan\left(\frac{1,93 \cdot 0,69}{1,49}\right) \right\} = \\
&= 0,637.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,299^2 + 0,637^2} = 0,704$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

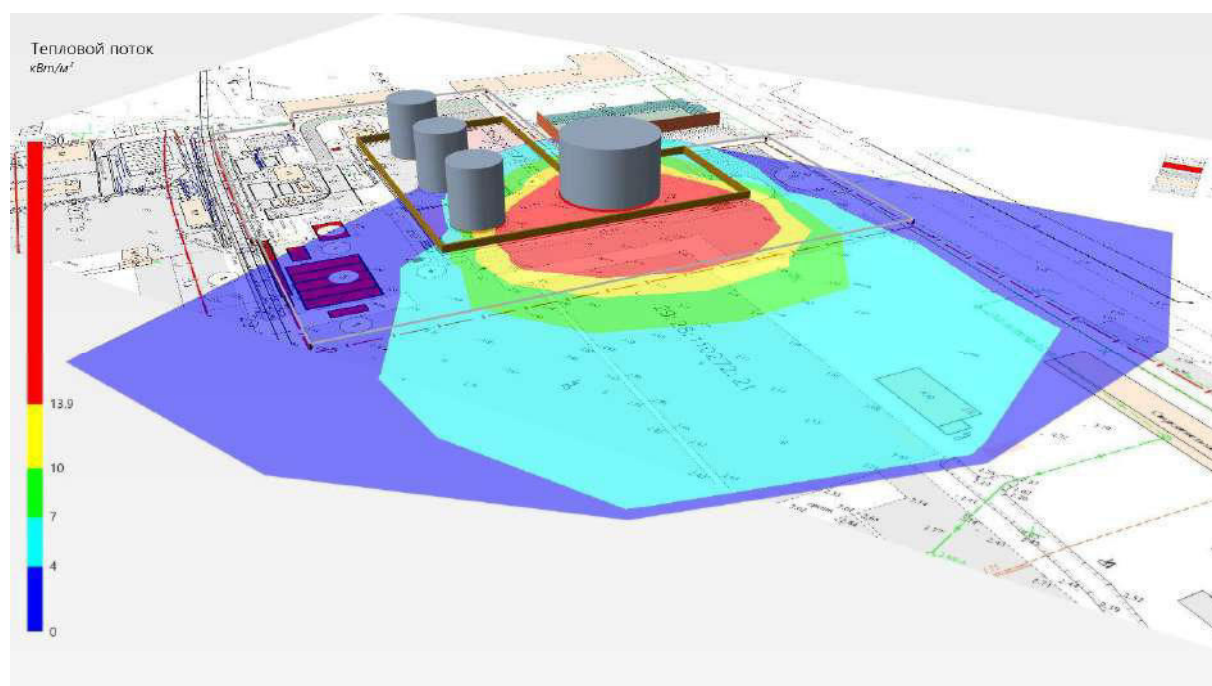
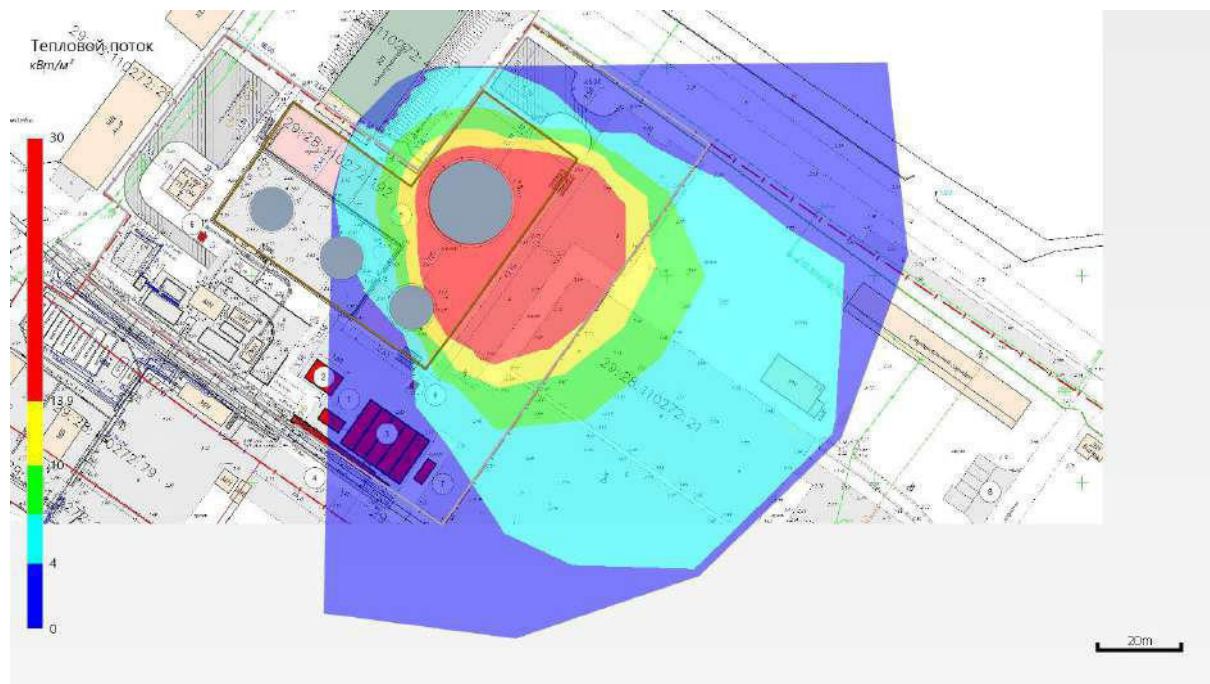
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (28,6 - 0,5 \cdot 20)) = 0,987.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 20} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 20}) = 30,9 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

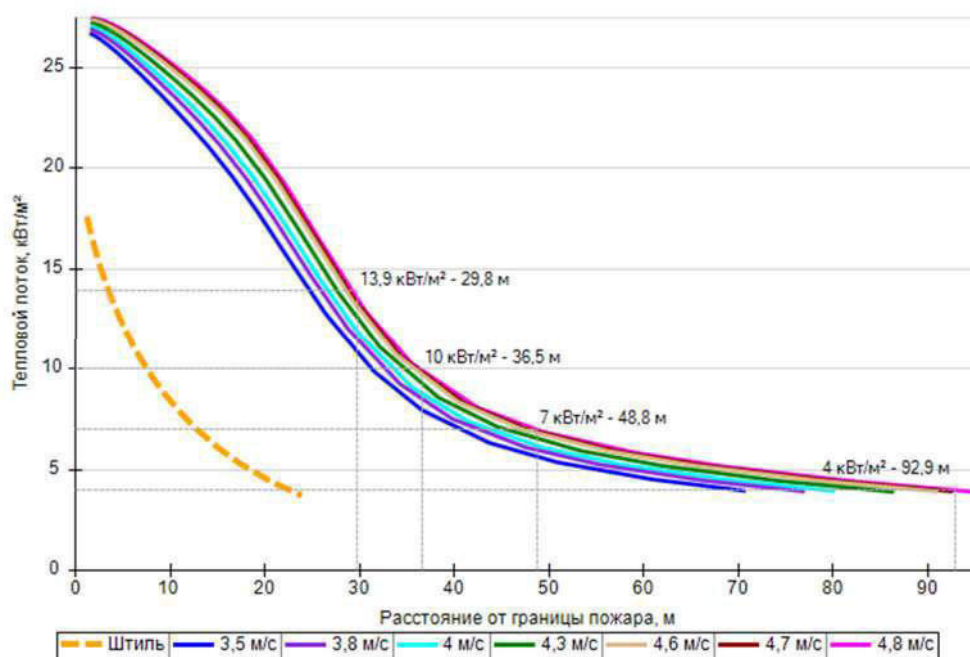
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 30,9 \cdot 0,704 \cdot 0,987 = 21,46 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.2. PBC_02

5.2.1. Разгерметизация 25 мм

Пожар пролива (сценарий 9, 10)

Сценарий 9.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,015$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,015 = 1,32 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 10.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,985 \cdot 0,015 = 0,014775.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,014775 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 5,3 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 355,1 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 355,1}{\pi}} = 21,3 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 21,3}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 21,3 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 21,3}} \right)^{0,61} = 23,6 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 5,3 + 0,5 \cdot 21,3 = 15,9 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 23,6}{21,3} = 2,22; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 15,9}{21,3} = 1,49;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ = \sqrt{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 2,22 \cdot (1,49 + 1) \cdot 0} = 3,34;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ = \sqrt{2,22^2 + (1,49 - 1)^2 - 2 \cdot 2,22 \cdot (1,49 - 1) \cdot 0} = 2,27;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,49^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,49;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,49 \cdot \arctan(0,45) + 1,49 \cdot \left[\frac{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 2,22 \cdot 0)}{3,34 \cdot 2,27} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{3,34 \cdot 0,45}{2,27} \right) + \frac{1}{1,49} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,22 \cdot 1,49 - 1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) + \arctan \left(\frac{1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,332.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,45} \right) + \frac{0}{1,49} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,22 \cdot 1,49 - 1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) + \arctan \left(\frac{1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 2,22 \cdot 0)}{3,34 \cdot 2,27} \right] \cdot \arctan \left(\frac{3,34 \cdot 0,45}{2,27} \right) \right\} = \\ = 0,217.$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,332^2 + 0,217^2} = 0,397$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (15,9 - 0,5 \cdot 21,3)) = 0,996.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 21,3} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 21,3}) = 29,4 \text{ кВт/м}^2.$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 29,4 \cdot 0,397 \cdot 0,996 = 11,6 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 18 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 355,1 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 355,1}{\pi}} = 21,3 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 21,3}{6,314}}} = 4,27.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned}\cos\theta &= u_*^{-0,5} = 4,27^{-0,5} = 0,484; \\ \sin\theta &= \sqrt{1 - \cos^2\theta} = \sqrt{1 - 0,484^2} = 0,875.\end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 21,3 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 21,3}} \right)^{0,67} \cdot 4,27^{0,21} = 29,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 18 + 0,5 \cdot 21,3 = 28,7 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned}a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 29,3}{21,3} = 2,76; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 28,7}{21,3} = 2,7; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\ &= \sqrt{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,76 \cdot (2,7+1) \cdot 0,875} = 1,85; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\ &= \sqrt{2,76^2 + (2,7-1)^2 - 2 \cdot 2,76 \cdot (2,7-1) \cdot 0,875} = 1,51; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (2,7^2 - 1) \cdot 0,484^2} = 1,57;\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -4,71 \cdot \arctan(0,68) + 4,71 \cdot \left[\frac{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,7 \cdot (1 + 2,76 \cdot 0,875)}{1,85 \cdot 1,51} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,85 \cdot 0,68}{1,51} \right) + \frac{0,484}{1,57} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,76 \cdot 2,7 - 2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) + \arctan \left(\frac{2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,303.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,68} \right) + \frac{0,875}{1,57} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,76 \cdot 2,7 - 2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) + \arctan \left(\frac{2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,7 \cdot (1 + 2,76 \cdot 0,875)}{1,85 \cdot 1,51} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,85 \cdot 0,68}{1,51} \right) \Big\} = \\
&= 0,661.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,303^2 + 0,661^2} = 0,727$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

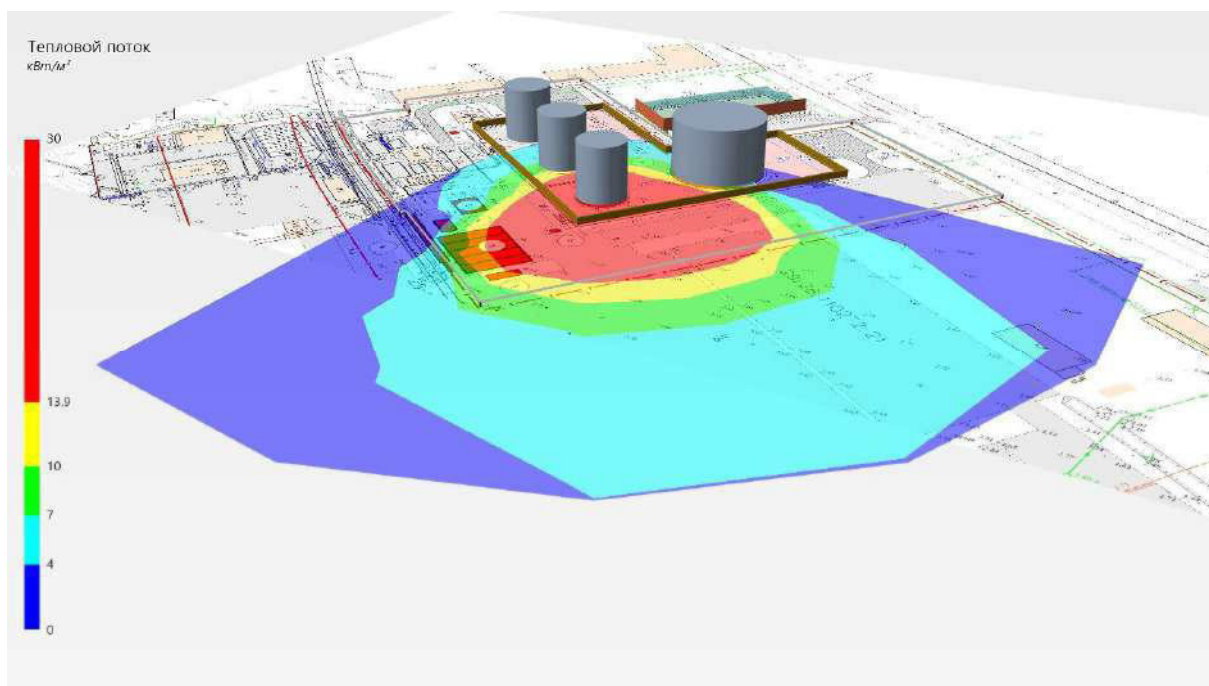
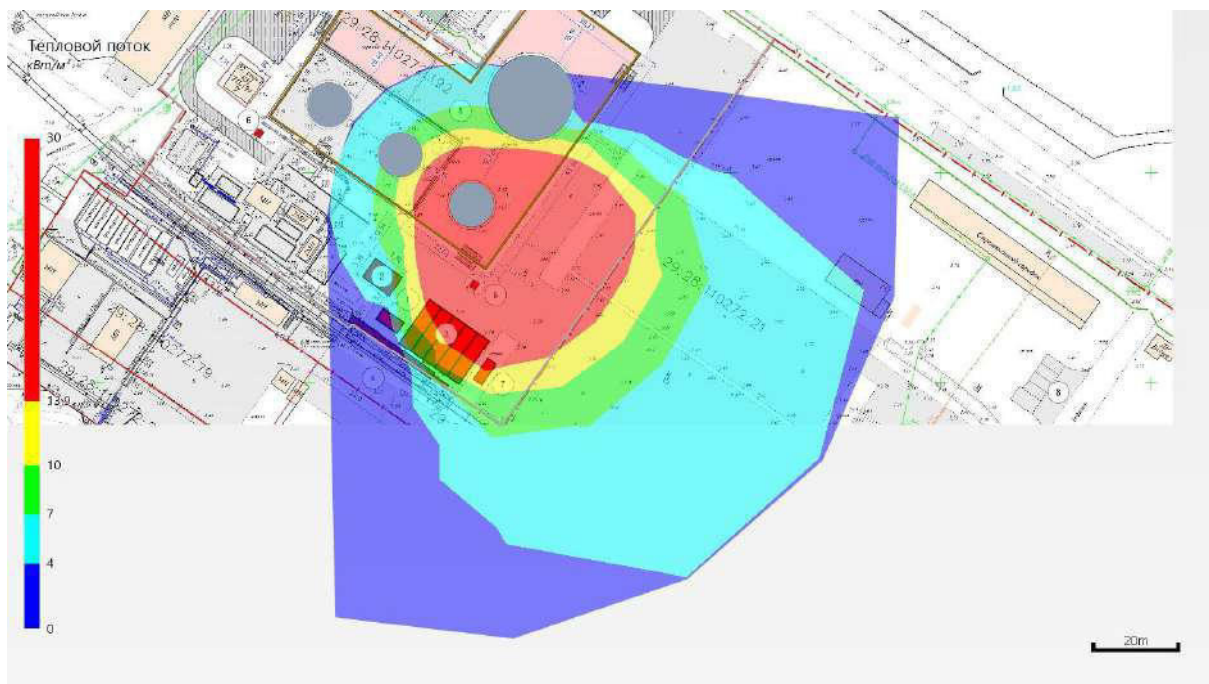
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (28,7 - 0,5 \cdot 21,3)) = 0,987.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 21,3} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 21,3}) = 29,4 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

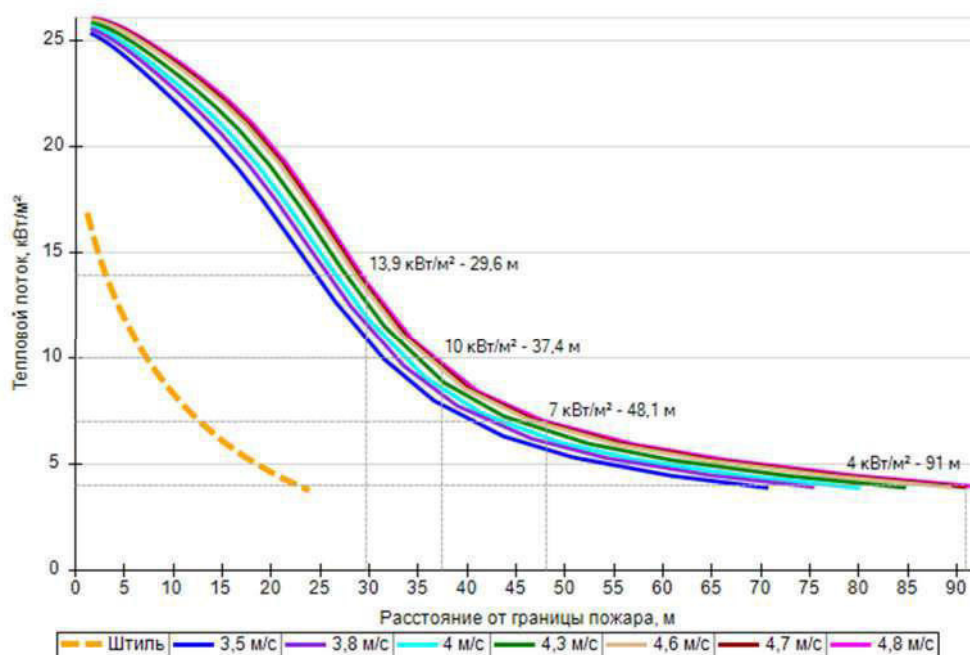
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 29,4 \cdot 0,727 \cdot 0,987 = 21,07 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.2.2. Разгерметизация 100 мм

Пожар пролива (сценарий 11, 12)

Сценарий 11.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,04$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04 = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 12.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,96 \cdot 0,042 = 0,04032.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04032 = 4,838 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 8,4 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 2971,7 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2971,7}{\pi}} = 61,5 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 61,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 61,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 61,5}} \right)^{0,61} = 49,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 8,4 + 0,5 \cdot 61,5 = 39,2 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 49,4}{61,5} = 1,61; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 39,2}{61,5} = 1,27;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,61^2 + (1,27+1)^2 - 2 \cdot 1,61 \cdot (1,27+1) \cdot 0} = 2,78;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,61^2 + (1,27-1)^2 - 2 \cdot 1,61 \cdot (1,27-1) \cdot 0} = 1,63;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,27^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,27;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,26 \cdot \arctan(0,35) + 1,26 \cdot \left[\frac{1,61^2 + (1,27+1)^2 - 2 \cdot 1,27 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0)}{2,78 \cdot 1,63} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{2,78 \cdot 0,35}{1,63} \right) + \frac{1}{1,27} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,61 \cdot 1,27 - 0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) + \arctan \left(\frac{0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,39.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,35} \right) + \frac{0}{1,27} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,61 \cdot 1,27 - 0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) + \arctan \left(\frac{0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{1,61^2 + (1,27+1)^2 - 2 \cdot 1,27 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0)}{2,78 \cdot 1,63} \right] \cdot \arctan \left(\frac{2,78 \cdot 0,35}{1,63} \right) \right\} = \\ = 0,273.$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,39^2 + 0,273^2} = 0,476.$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (39,2 - 0,5 \cdot 61,5)) = 0,994.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 61,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 61,5}) = 20,1 \text{ кВт/м}^2.$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20,1 \cdot 0,476 \cdot 0,994 = 9,51 \text{ кВт/м}^2.$

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 22,1 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 2971,7 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2971,7}{\pi}} = 61,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 61,5}{6,314}}} = 3.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 3^{-0,5} = 0,578; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,578^2} = 0,816. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 61,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 61,5}} \right)^{0,67} \cdot 3^{0,21} = 55,2 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 22,1 + 0,5 \cdot 61,5 = 52,9 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 55,2}{61,5} = 1,79; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 52,9}{61,5} = 1,72; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,79 \cdot (1,72 + 1) \cdot 0,816} = 1,63; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,79^2 + (1,72 - 1)^2 - 2 \cdot 1,79 \cdot (1,72 - 1) \cdot 0,816} = 1,28; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,72^2 - 1) \cdot 0,578^2} = 1,29; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -4,07 \cdot \arctan(0,51) + 4,07 \cdot \left[\frac{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,72 \cdot (1 + 1,79 \cdot 0,816)}{1,63 \cdot 1,28} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,63 \cdot 0,51}{1,28} \right) + \frac{0,578}{1,29} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,79 \cdot 1,72 - 1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) + \arctan \left(\frac{1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,361.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,51} \right) + \frac{0,816}{1,29} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,79 \cdot 1,72 - 1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) + \arctan \left(\frac{1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,72 \cdot (1 + 1,79 \cdot 0,816)}{1,63 \cdot 1,28} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,63 \cdot 0,51}{1,28} \right) \Big\} = \\
&= 0,715.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,361^2 + 0,715^2} = 0,801$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

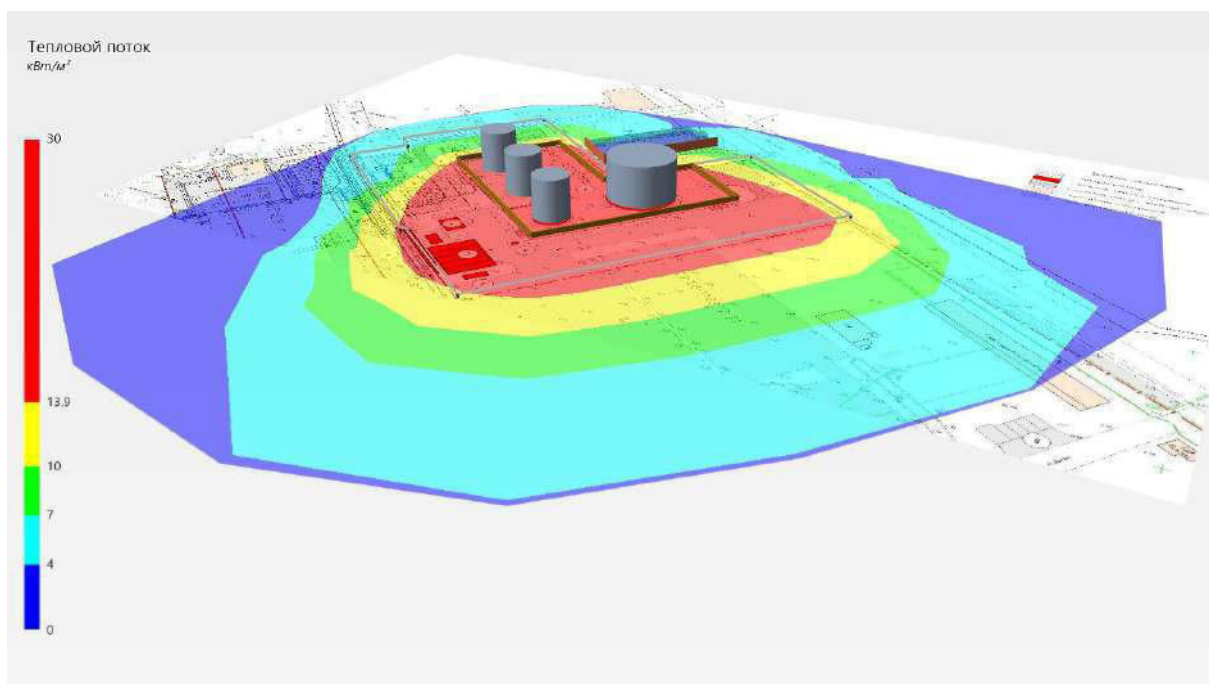
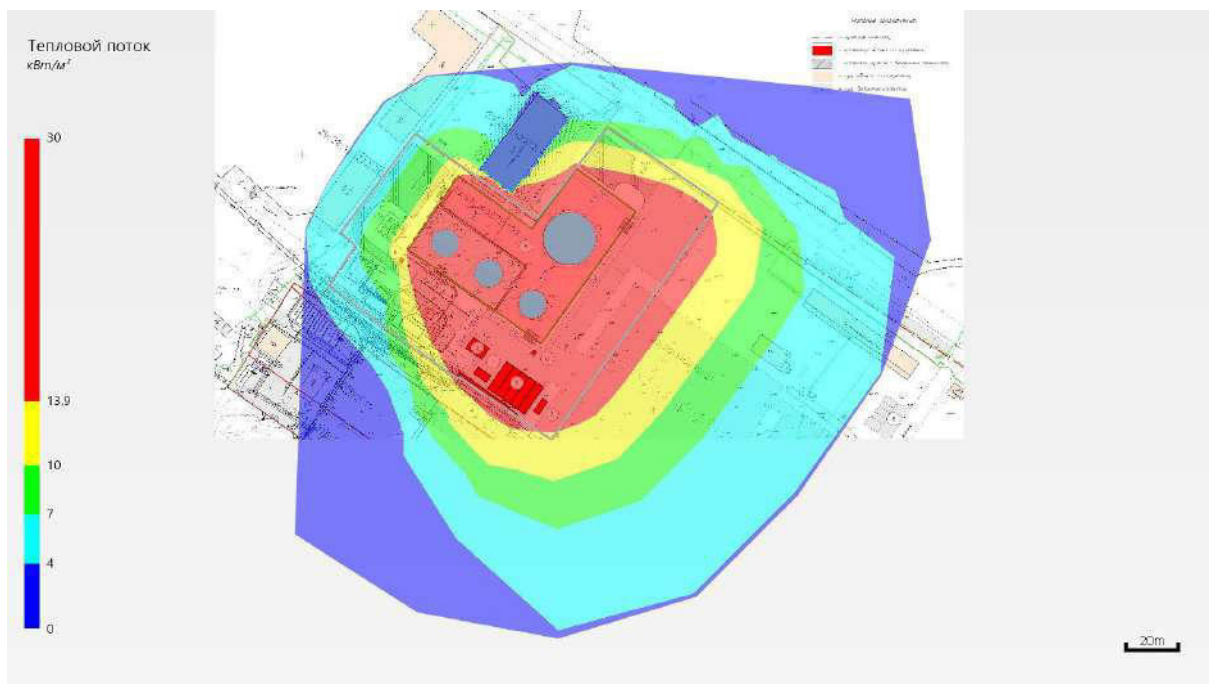
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (52,9 - 0,5 \cdot 61,5)) = 0,985.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 61,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 61,5}) = 20,1 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

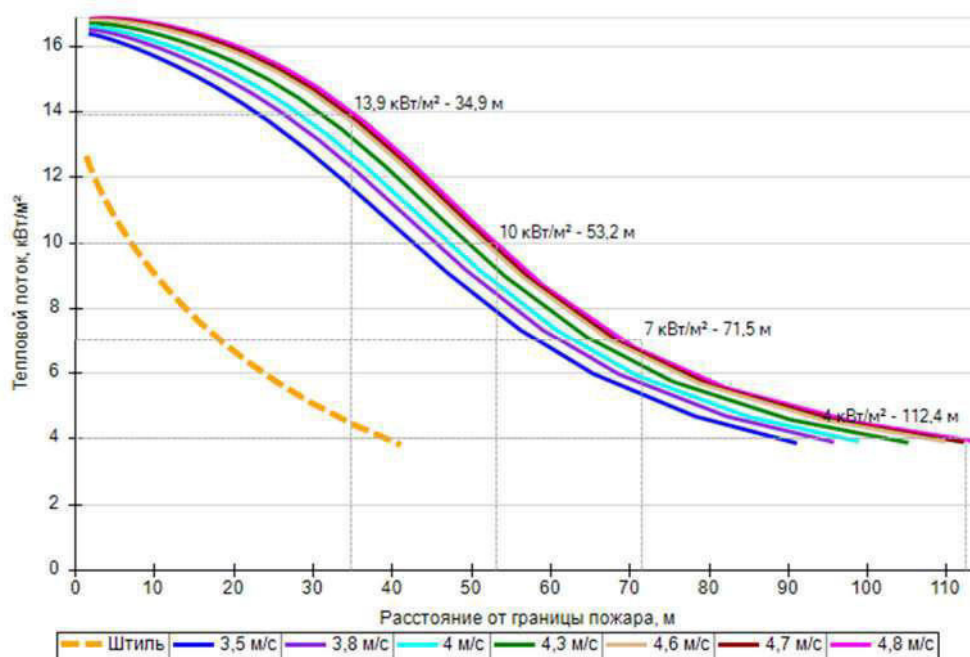
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20,1 \cdot 0,801 \cdot 0,985 = 15,83 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.2.3. Разрушение

Пожар пролива (сценарий 13, 14)

Сценарий 13.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,05$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 14.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,95 \cdot 0,061 = 0,05795.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05795 = 2,898 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 14,5 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 13114,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13114,6}{\pi}} = 129,2 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 129,2}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 129,2 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 129,2}} \right)^{0,61} = 82,7 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 14,5 + 0,5 \cdot 129,2 = 79,2 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 82,7}{129,2} = 1,28; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 79,2}{129,2} = 1,23;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,28 \cdot (1,23 + 1) \cdot 0} = 2,57;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,28^2 + (1,23 - 1)^2 - 2 \cdot 1,28 \cdot (1,23 - 1) \cdot 0} = 1,3;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,23^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,23;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,04 \cdot \arctan(0,32) + 1,04 \cdot \left[\frac{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,23 \cdot (1 + 1,28 \cdot 0)}{2,57 \cdot 1,3} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{2,57 \cdot 0,32}{1,3} \right) + \frac{1}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,28 \cdot 1,23 - 0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,406.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,32} \right) + \frac{0}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,28 \cdot 1,23 - 0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,23 \cdot (1 + 1,28 \cdot 0)}{2,57 \cdot 1,3} \right] \cdot \arctan \left(\frac{2,57 \cdot 0,32}{1,3} \right) \right\} = \\ = 0,287.$$

$$\text{Угловой коэффициент облученности: } F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,406^2 + 0,287^2} = 0,497.$$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (79,2 - 0,5 \cdot 129,2)) = 0,99.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 129,2} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 129,2}) = 20 \text{ кВт/м}^2.$$

$$\text{Интенсивность теплового излучения: } q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 0,497 \cdot 0,99 = 9,85 \text{ кВт/м}^2.$$

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 31,4 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 13114,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13114,6}{\pi}} = 129,2 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 129,2}{6,314}}} = 2,34.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 2,34^{-0,5} = 0,654; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,654^2} = 0,757. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 129,2 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 129,2}} \right)^{0,67} \cdot 2,34^{0,21} = 85,8 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 31,4 + 0,5 \cdot 129,2 = 96 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 85,8}{129,2} = 1,33; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 96}{129,2} = 1,49; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,33 \cdot (1,49 + 1) \cdot 0,757} = 1,72; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,33^2 + (1,49 - 1)^2 - 2 \cdot 1,33 \cdot (1,49 - 1) \cdot 0,757} = 1,01; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,49^2 - 1) \cdot 0,654^2} = 1,23; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,8 \cdot \arctan(0,44) + 1,8 \cdot \left[\frac{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 1,33 \cdot 0,757)}{1,72 \cdot 1,01} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,72 \cdot 0,44}{1,01} \right) + \frac{0,654}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,33 \cdot 1,49 - 1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,396.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,44} \right) + \frac{0,757}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,33 \cdot 1,49 - 1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 1,33 \cdot 0,757)}{1,72 \cdot 1,01} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,72 \cdot 0,44}{1,01} \right) \right\} = \\
&= 0,665.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,396^2 + 0,665^2} = 0,774$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

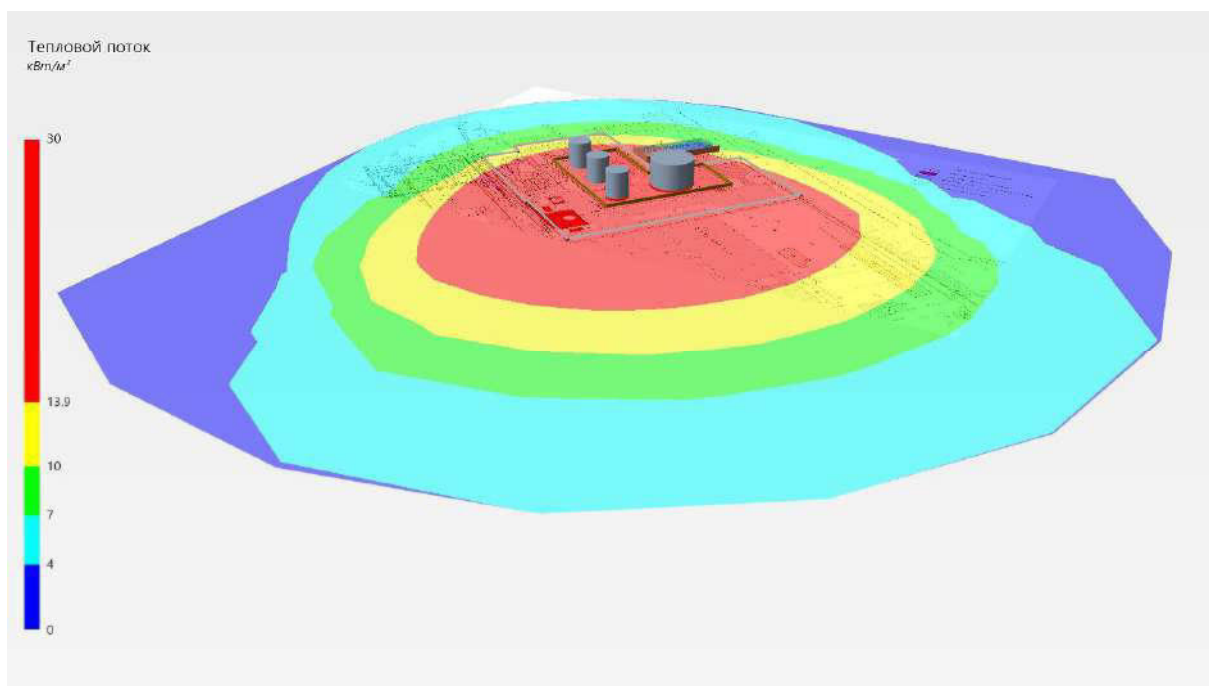
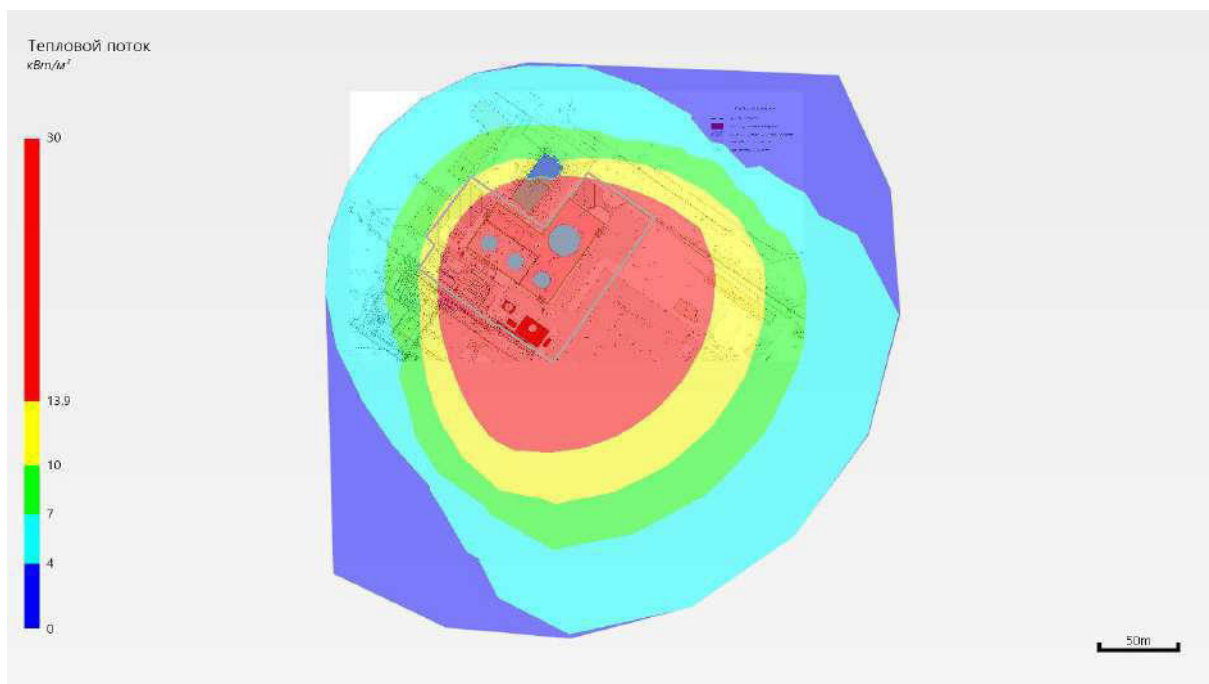
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (96 - 0,5 \cdot 129,2)) = 0,978.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 129,2} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 129,2}) = 20 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

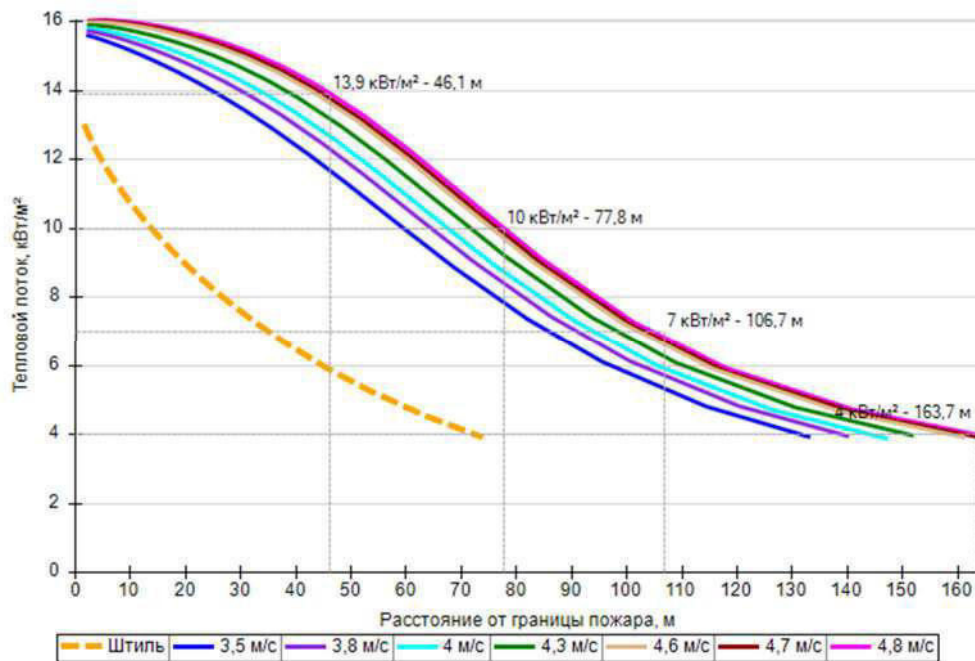
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 0,774 \cdot 0,978 = 15,14 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.2.4. Пожар на дыхательной арматуре

Пожар на дыхательной арматуре (сценарий 15)

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 2,7 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 5 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi}} = 2,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,5}} \right)^{0,61} = 5,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 2,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 4 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 5,4}{2,5} = 4,25; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 4}{2,5} = 3,18;$$

$$\begin{aligned}
A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 4,25 \cdot (3,18+1) \cdot 0} = 5,96; \\
B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{4,25^2 + (3,18-1)^2 - 2 \cdot 4,25 \cdot (3,18-1) \cdot 0} = 4,78; \\
C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (3,18^2 - 1) \cdot 1^2} = 3,18;
\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,34 \cdot \arctan(0,72) + 1,34 \cdot \left[\frac{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 3,18 \cdot (1 + 4,25 \cdot 0)}{5,96 \cdot 4,78} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{5,96 \cdot 0,72}{4,78}\right) + \frac{1}{3,18} \cdot \left[\arctan\left(\frac{4,25 \cdot 3,18 - 3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) + \arctan\left(\frac{3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,149.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,72}\right) + \frac{0}{3,18} \cdot \left[\arctan\left(\frac{4,25 \cdot 3,18 - 3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) + \arctan\left(\frac{3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 3,18 \cdot (1 + 4,25 \cdot 0)}{5,96 \cdot 4,78} \right] \cdot \arctan\left(\frac{5,96 \cdot 0,72}{4,78}\right) \Bigg\} = \\
&= 0,078.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,149^2 + 0,078^2} = 0,168$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (4 - 0,5 \cdot 2,5)) = 0,998.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 2,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 2,5}) = 108,7 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 108,7 \cdot 0,168 \cdot 0,998 = 18,27 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 15,7 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 5 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi}} = 2,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{6,314}}} = 8,68.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\cos \theta = u_*^{-0,5} = 8,68^{-0,5} = 0,339;$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,339^2} = 0,941.$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,5}} \right)^{0,67} \cdot 8,68^{0,21} = 8,2 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 15,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 17 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 8,2}{2,5} = 6,54; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 17}{2,5} = 13,45;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} =$$

$$= \sqrt{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 6,54 \cdot (13,45 + 1) \cdot 0,941} = 8,6;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} =$$

$$= \sqrt{6,54^2 + (13,45 - 1)^2 - 2 \cdot 6,54 \cdot (13,45 - 1) \cdot 0,941} = 6,68;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (13,45^2 - 1) \cdot 0,339^2} = 4,66;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} =$$

$$= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -0,3 \cdot \arctan(0,93) + 0,3 \cdot \left[\frac{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 13,45 \cdot (1 + 6,54 \cdot 0,941)}{8,6 \cdot 6,68} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan \left(\frac{8,6 \cdot 0,93}{6,68} \right) + \frac{0,339}{4,66} \cdot \left[\arctan \left(\frac{6,54 \cdot 13,45 - 13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66} \right) + \arctan \left(\frac{13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66} \right) \right] \Bigg\} =$$

$$= 0,022.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,93}\right) + \frac{0,941}{4,66} \cdot \left[\arctan\left(\frac{6,54 \cdot 13,45 - 13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66}\right) + \arctan\left(\frac{13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 13,45 \cdot (1 + 6,54 \cdot 0,941)}{8,6 \cdot 6,68} \right] \cdot \arctan\left(\frac{8,6 \cdot 0,93}{6,68}\right) \right\} = \\
&\quad = 0,163.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,022^2 + 0,163^2} = 0,164$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

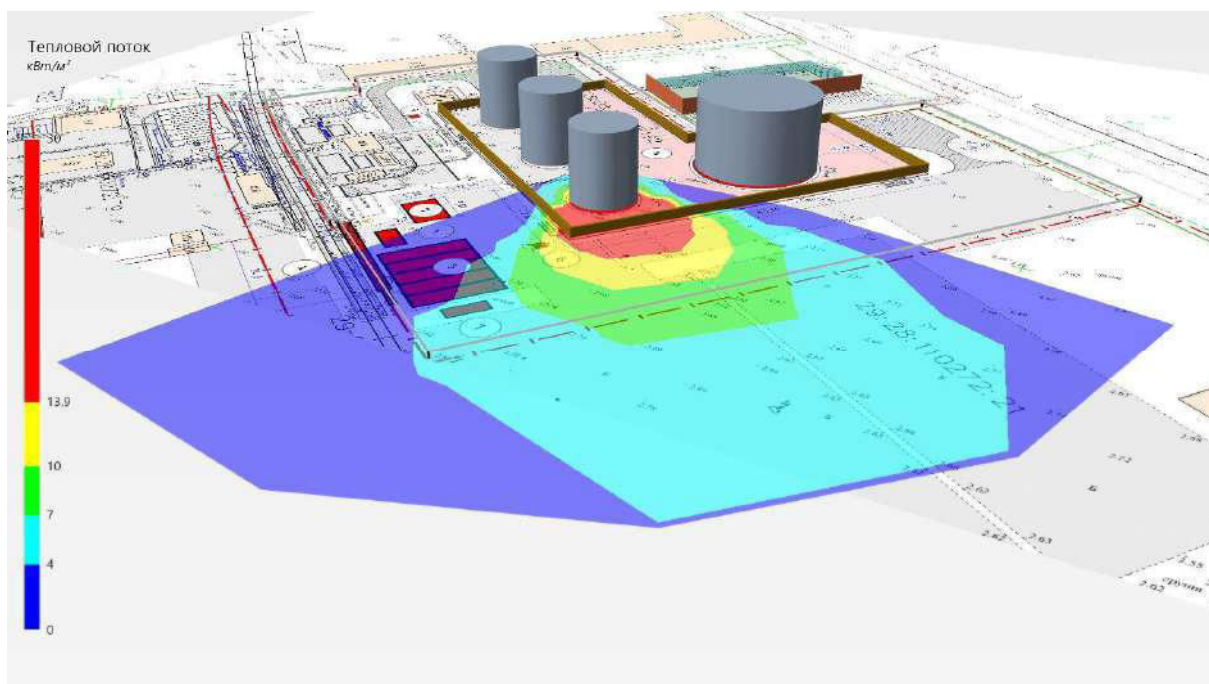
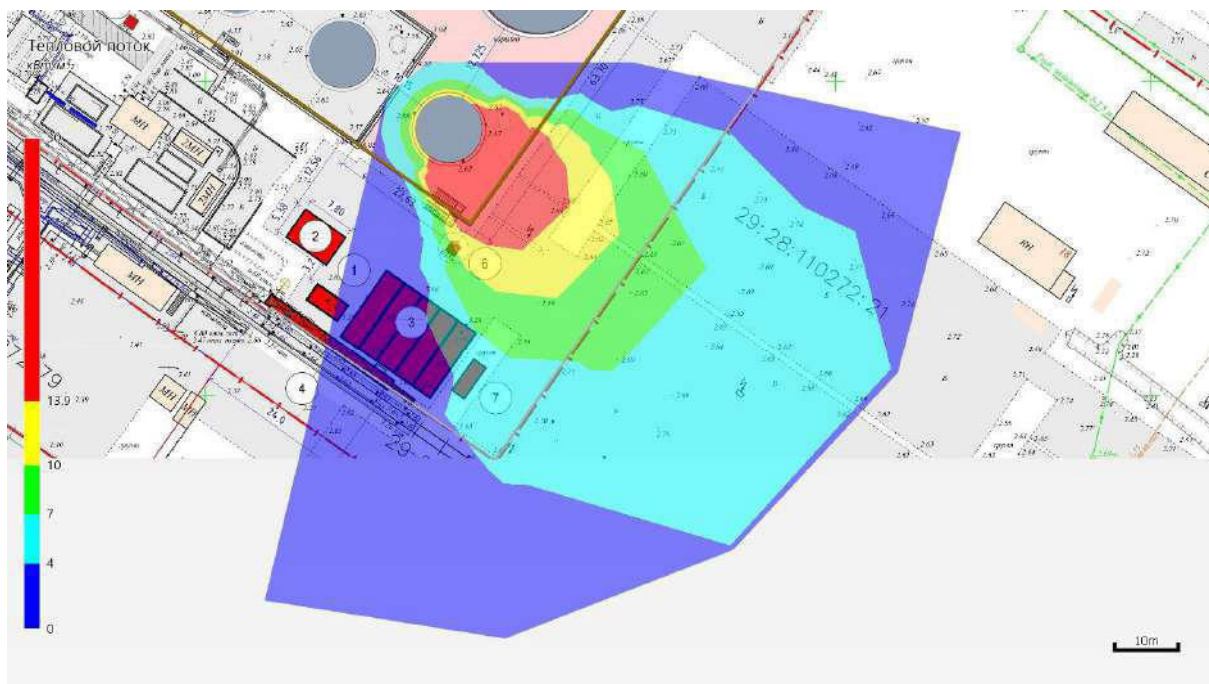
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (17 - 0,5 \cdot 2,5)) = 0,989.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 2,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 2,5}) = 108,7 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

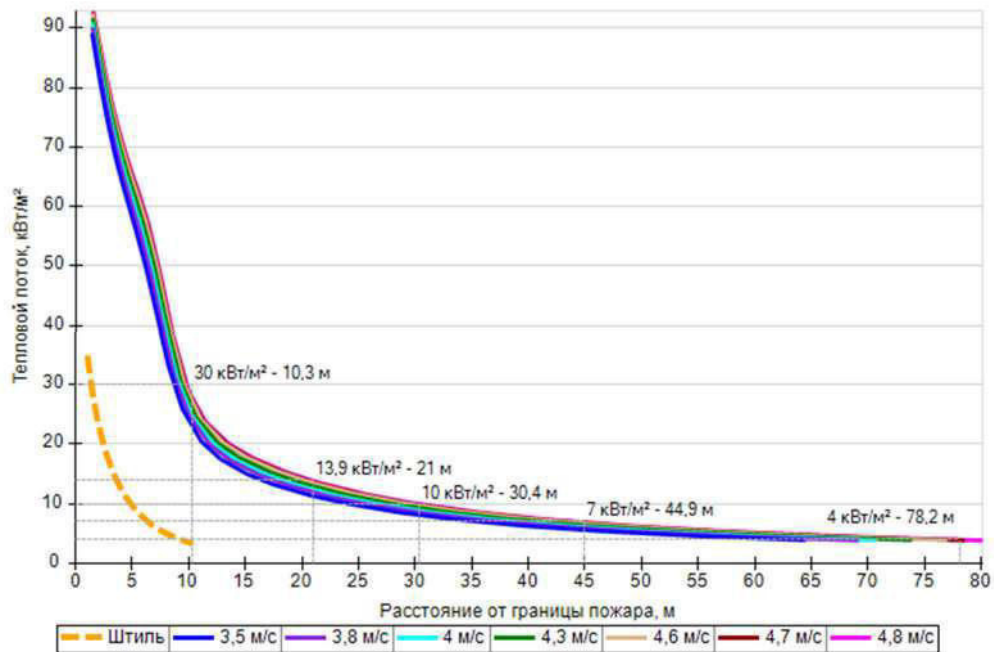
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 108,7 \cdot 0,164 \cdot 0,989 = 17,67 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.2.5. Пожар по всей поверхности

Пожар по всей поверхности (сценарий 16)

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 4,7 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 86,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 86,6}{\pi}} = 10,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 10,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 10,5}} \right)^{0,61} = 14,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 4,7 + 0,5 \cdot 10,5 = 10 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 14,4}{10,5} = 2,75; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 10}{10,5} = 1,9;$$

$$\begin{aligned}
A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 2,75 \cdot (1,9+1) \cdot 0} = 4; \\
B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{2,75^2 + (1,9-1)^2 - 2 \cdot 2,75 \cdot (1,9-1) \cdot 0} = 2,9; \\
C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,9^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,9;
\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,45 \cdot \arctan(0,56) + 1,45 \cdot \left[\frac{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 1,9 \cdot (1 + 2,75 \cdot 0)}{4 \cdot 2,9} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{4 \cdot 0,56}{2,9}\right) + \frac{1}{1,9} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,75 \cdot 1,9 - 1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) + \arctan\left(\frac{1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,257.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,56}\right) + \frac{0}{1,9} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,75 \cdot 1,9 - 1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) + \arctan\left(\frac{1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 1,9 \cdot (1 + 2,75 \cdot 0)}{4 \cdot 2,9} \right] \cdot \arctan\left(\frac{4 \cdot 0,56}{2,9}\right) \Bigg\} = \\
&= 0,154.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,257^2 + 0,154^2} = 0,3$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (10 - 0,5 \cdot 10,5)) = 0,997.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 10,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 10,5}) = 54 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 54 \cdot 0,3 \cdot 0,997 = 16,16 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 21,2 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 86,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 86,6}{\pi}} = 10,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 10,5}{6,314}}} = 5,4.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 5,4^{-0,5} = 0,43; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,43^2} = 0,903. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 10,5}} \right)^{0,67} \cdot 5,4^{0,21} = 19,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 21,2 + 0,5 \cdot 10,5 = 26,5 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 19,3}{10,5} = 3,67; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 26,5}{10,5} = 5,04; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{3,67^2 + (5,04+1)^2 - 2 \cdot 3,67 \cdot (5,04+1) \cdot 0,903} = 3,16; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{3,67^2 + (5,04-1)^2 - 2 \cdot 3,67 \cdot (5,04-1) \cdot 0,903} = 1,74; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (5,04^2 - 1) \cdot 0,43^2} = 2,35; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned} F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -0,91 \cdot \arctan(0,82) + 0,91 \cdot \left[\frac{3,67^2 + (5,04+1)^2 - 2 \cdot 5,04 \cdot (1 + 3,67 \cdot 0,903)}{3,16 \cdot 1,74} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{3,16 \cdot 0,82}{1,74} \right) + \frac{0,43}{2,35} \cdot \left[\arctan \left(\frac{3,67 \cdot 5,04 - 4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35} \right) + \arctan \left(\frac{4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= 0,182. \end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,82}\right) + \frac{0,903}{2,35} \cdot \left[\arctan\left(\frac{3,67 \cdot 5,04 - 4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35}\right) + \arctan\left(\frac{4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{3,67^2 + (5,04 + 1)^2 - 2 \cdot 5,04 \cdot (1 + 3,67 \cdot 0,903)}{3,16 \cdot 1,74} \right] \cdot \arctan\left(\frac{3,16 \cdot 0,82}{1,74}\right) \right\} = \\
&= 0,345.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,182^2 + 0,345^2} = 0,39$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

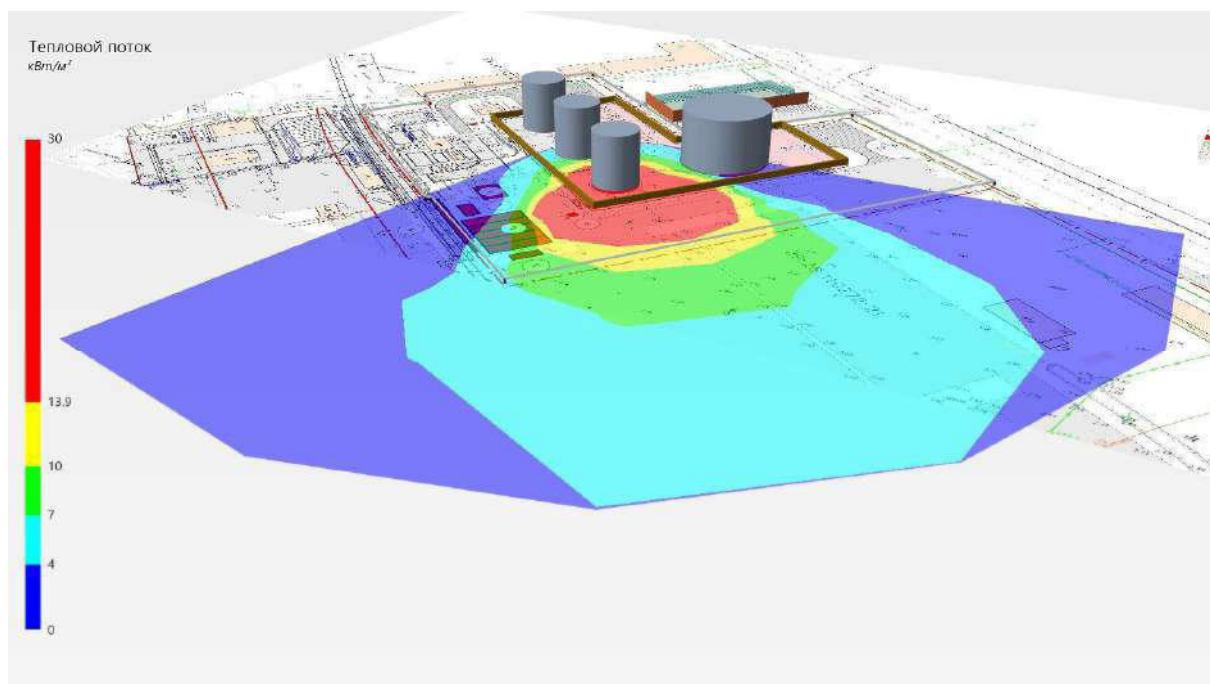
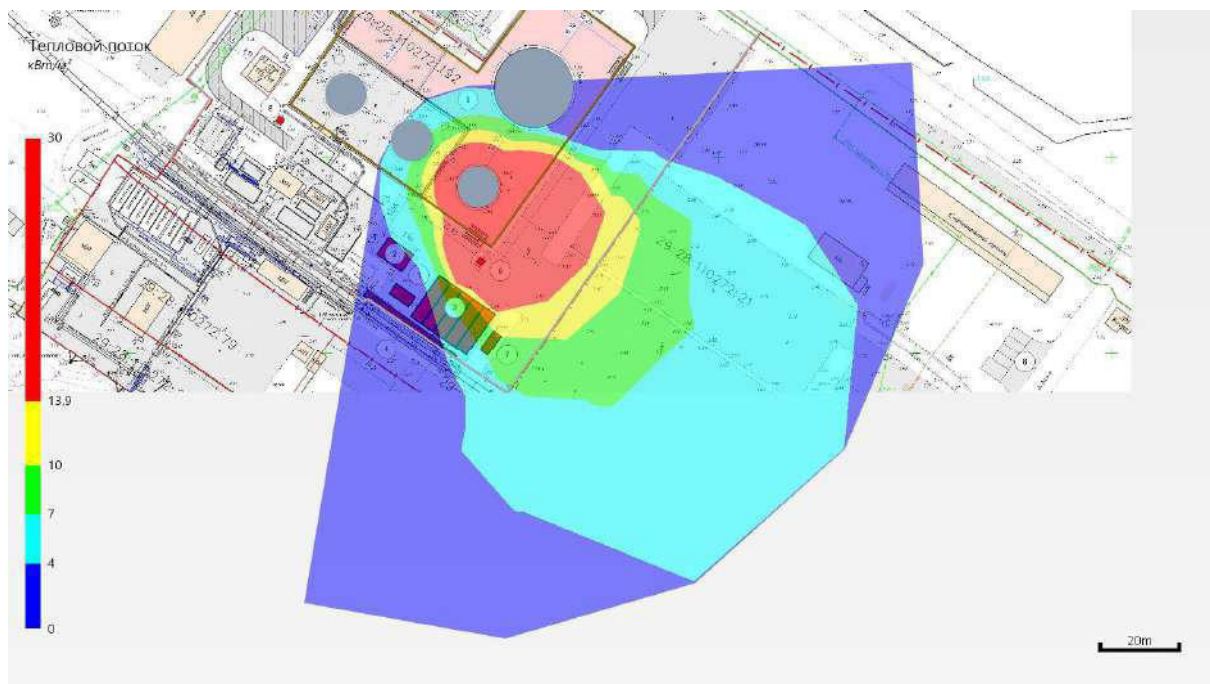
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (26,5 - 0,5 \cdot 10,5)) = 0,985.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 10,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 10,5}) = 54 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

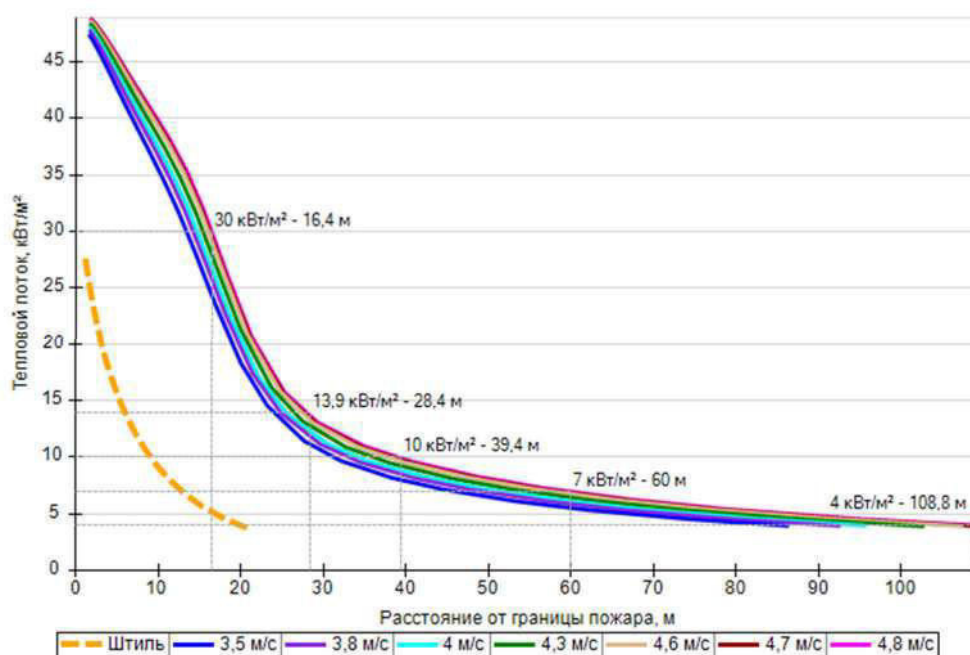
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 54 \cdot 0,39 \cdot 0,985 = 20,76 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.3. PBC_03

5.3.1. Разгерметизация 25 мм

Пожар пролива (сценарий 17, 18)

Сценарий 17.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,015$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,015 = 1,32 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 18.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,985 \cdot 0,015 = 0,014775.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,014775 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 5,3 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 355,1 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 355,1}{\pi}} = 21,3 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 21,3}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 21,3 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 21,3}} \right)^{0,61} = 23,6 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 5,3 + 0,5 \cdot 21,3 = 15,9 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 23,6}{21,3} = 2,22; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 15,9}{21,3} = 1,49;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ = \sqrt{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 2,22 \cdot (1,49 + 1) \cdot 0} = 3,34;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ = \sqrt{2,22^2 + (1,49 - 1)^2 - 2 \cdot 2,22 \cdot (1,49 - 1) \cdot 0} = 2,27;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,49^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,49;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,49 \cdot \arctan(0,45) + 1,49 \cdot \left[\frac{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 2,22 \cdot 0)}{3,34 \cdot 2,27} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{3,34 \cdot 0,45}{2,27} \right) + \frac{1}{1,49} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,22 \cdot 1,49 - 1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) + \arctan \left(\frac{1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,332.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,45} \right) + \frac{0}{1,49} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,22 \cdot 1,49 - 1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) + \arctan \left(\frac{1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 2,22 \cdot 0)}{3,34 \cdot 2,27} \right] \cdot \arctan \left(\frac{3,34 \cdot 0,45}{2,27} \right) \right\} = \\ = 0,217.$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,332^2 + 0,217^2} = 0,397$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (15,9 - 0,5 \cdot 21,3)) = 0,996.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 21,3} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 21,3}) = 29,4 \text{ кВт/м}^2.$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 29,4 \cdot 0,397 \cdot 0,996 = 11,6 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 18 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 355,1 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 355,1}{\pi}} = 21,3 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 21,3}{6,314}}} = 4,27.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned}\cos\theta &= u_*^{-0,5} = 4,27^{-0,5} = 0,484; \\ \sin\theta &= \sqrt{1 - \cos^2\theta} = \sqrt{1 - 0,484^2} = 0,875.\end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 21,3 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 21,3}} \right)^{0,67} \cdot 4,27^{0,21} = 29,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 18 + 0,5 \cdot 21,3 = 28,7 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned}a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 29,3}{21,3} = 2,76; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 28,7}{21,3} = 2,7; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\ &= \sqrt{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,76 \cdot (2,7+1) \cdot 0,875} = 1,85; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\ &= \sqrt{2,76^2 + (2,7-1)^2 - 2 \cdot 2,76 \cdot (2,7-1) \cdot 0,875} = 1,51; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (2,7^2 - 1) \cdot 0,484^2} = 1,57;\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -4,71 \cdot \arctan(0,68) + 4,71 \cdot \left[\frac{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,7 \cdot (1 + 2,76 \cdot 0,875)}{1,85 \cdot 1,51} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,85 \cdot 0,68}{1,51} \right) + \frac{0,484}{1,57} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,76 \cdot 2,7 - 2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) + \arctan \left(\frac{2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,303.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,68} \right) + \frac{0,875}{1,57} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,76 \cdot 2,7 - 2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) + \arctan \left(\frac{2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,7 \cdot (1 + 2,76 \cdot 0,875)}{1,85 \cdot 1,51} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,85 \cdot 0,68}{1,51} \right) \right\} = \\
&= 0,661.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,303^2 + 0,661^2} = 0,727$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

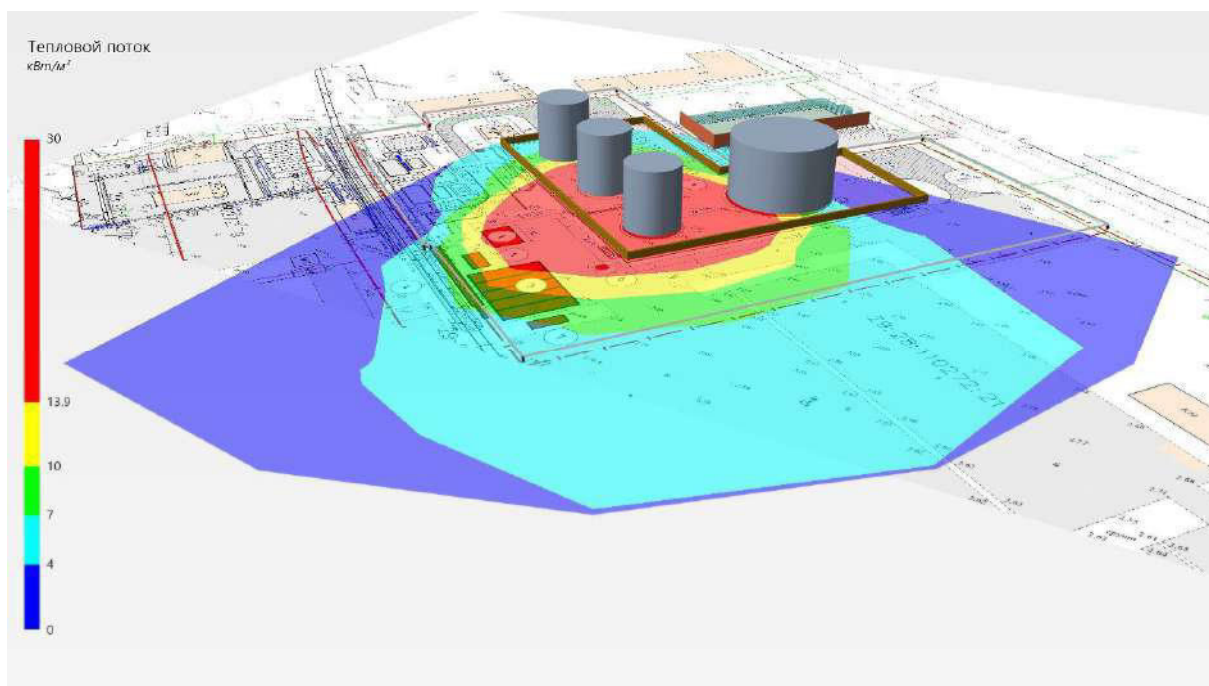
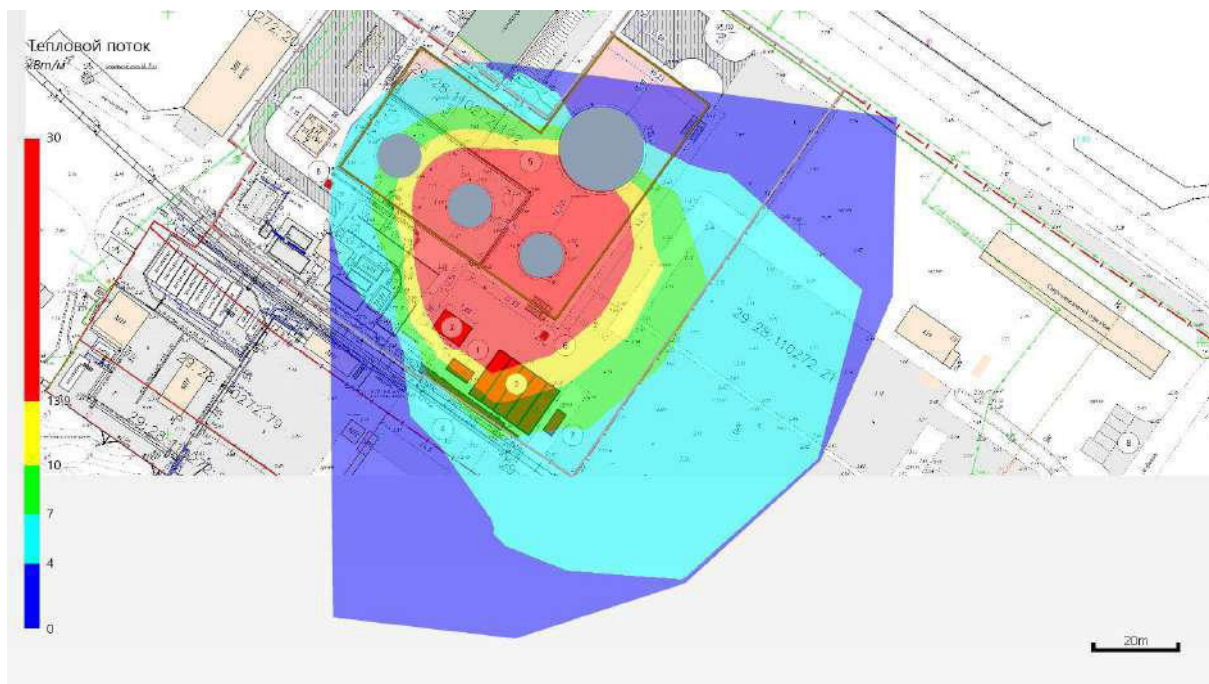
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (28,7 - 0,5 \cdot 21,3)) = 0,987.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 21,3} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 21,3}) = 29,4 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

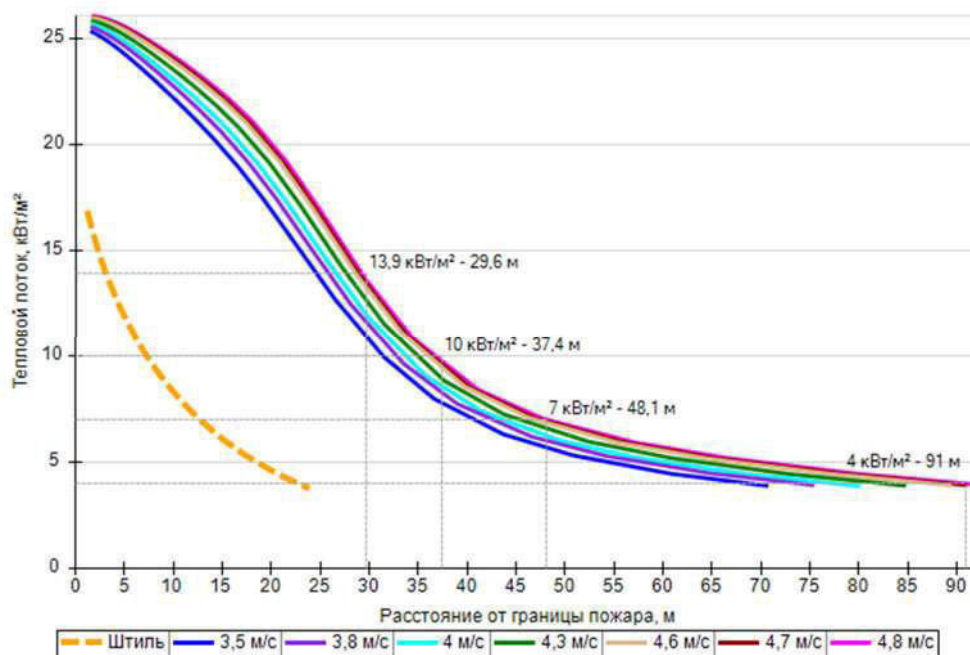
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 29,4 \cdot 0,727 \cdot 0,987 = 21,07 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.3.2. Разгерметизация 100 мм

Пожар пролива (сценарий 19, 20)

Сценарий 19.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,04$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04 = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 20.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,96 \cdot 0,042 = 0,04032.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04032 = 4,838 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 8,4 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 2971,7 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2971,7}{\pi}} = 61,5 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 61,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 61,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 61,5}} \right)^{0,61} = 49,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 8,4 + 0,5 \cdot 61,5 = 39,2 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 49,4}{61,5} = 1,61; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 39,2}{61,5} = 1,27;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,61^2 + (1,27 + 1)^2 - 2 \cdot 1,61 \cdot (1,27 + 1) \cdot 0} = 2,78;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,61^2 + (1,27 - 1)^2 - 2 \cdot 1,61 \cdot (1,27 - 1) \cdot 0} = 1,63;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,27^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,27;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,26 \cdot \arctan(0,35) + 1,26 \cdot \left[\frac{1,61^2 + (1,27 + 1)^2 - 2 \cdot 1,27 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0)}{2,78 \cdot 1,63} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{2,78 \cdot 0,35}{1,63} \right) + \frac{1}{1,27} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,61 \cdot 1,27 - 0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) + \arctan \left(\frac{0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,39.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,35} \right) + \frac{0}{1,27} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,61 \cdot 1,27 - 0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) + \arctan \left(\frac{0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{1,61^2 + (1,27 + 1)^2 - 2 \cdot 1,27 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0)}{2,78 \cdot 1,63} \right] \cdot \arctan \left(\frac{2,78 \cdot 0,35}{1,63} \right) \right\} = \\ = 0,273.$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,39^2 + 0,273^2} = 0,476$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (39,2 - 0,5 \cdot 61,5)) = 0,994.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 61,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 61,5}) = 20,1 \text{ кВт/м}^2.$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20,1 \cdot 0,476 \cdot 0,994 = 9,51 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 22,1 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 2971,7 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2971,7}{\pi}} = 61,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 61,5}{6,314}}} = 3.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 3^{-0,5} = 0,578; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,578^2} = 0,816. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 61,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 61,5}} \right)^{0,67} \cdot 3^{0,21} = 55,2 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 22,1 + 0,5 \cdot 61,5 = 52,9 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 55,2}{61,5} = 1,79; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 52,9}{61,5} = 1,72; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,79 \cdot (1,72 + 1) \cdot 0,816} = 1,63; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,79^2 + (1,72 - 1)^2 - 2 \cdot 1,79 \cdot (1,72 - 1) \cdot 0,816} = 1,28; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,72^2 - 1) \cdot 0,578^2} = 1,29; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -4,07 \cdot \arctan(0,51) + 4,07 \cdot \left[\frac{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,72 \cdot (1 + 1,79 \cdot 0,816)}{1,63 \cdot 1,28} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,63 \cdot 0,51}{1,28} \right) + \frac{0,578}{1,29} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,79 \cdot 1,72 - 1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) + \arctan \left(\frac{1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,361.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,51} \right) + \frac{0,816}{1,29} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,79 \cdot 1,72 - 1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) + \arctan \left(\frac{1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,72 \cdot (1 + 1,79 \cdot 0,816)}{1,63 \cdot 1,28} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,63 \cdot 0,51}{1,28} \right) \Big\} = \\
&= 0,715.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,361^2 + 0,715^2} = 0,801$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

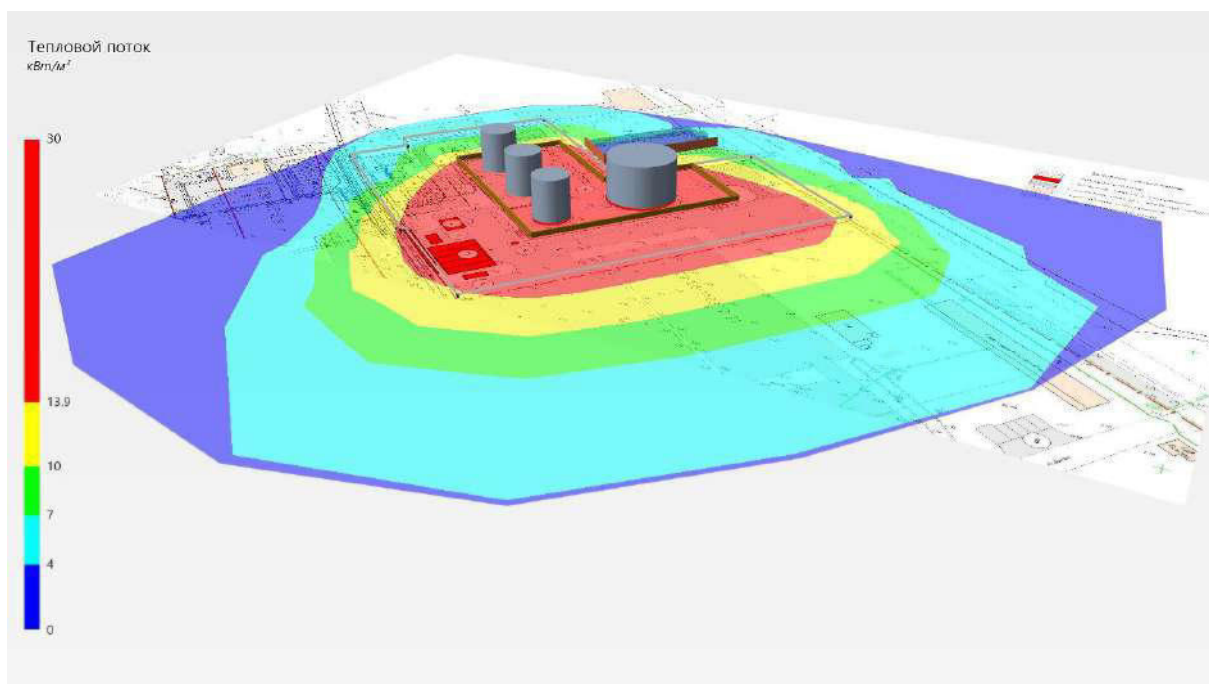
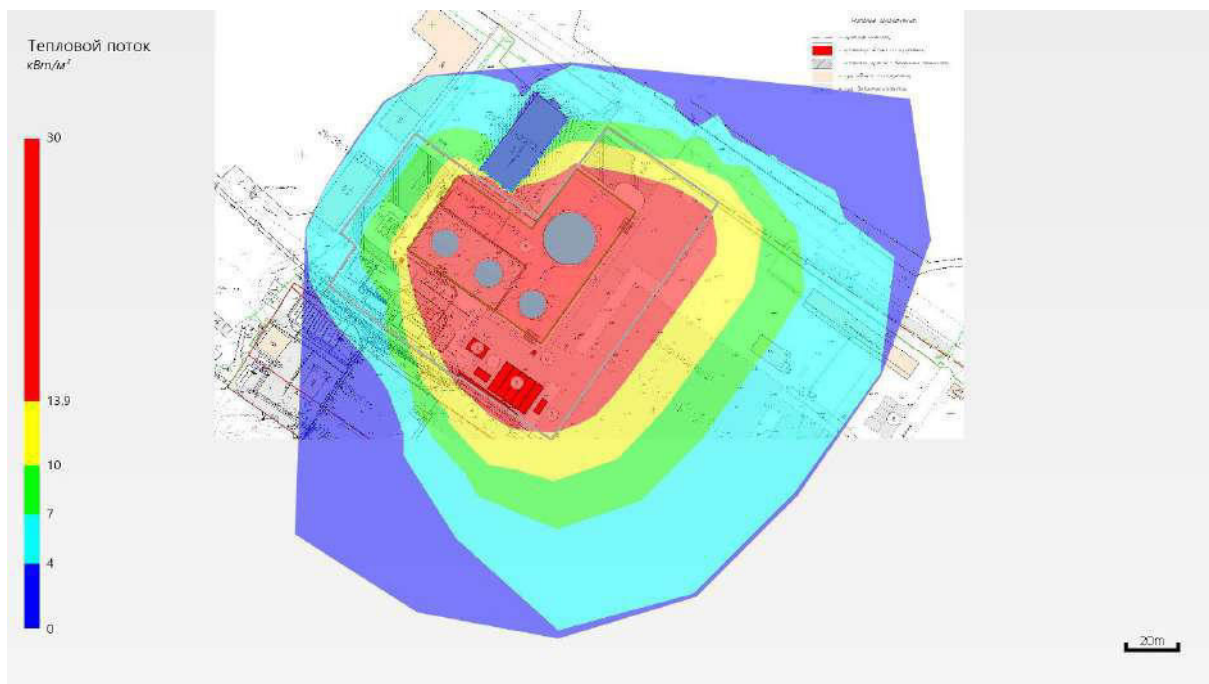
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (52,9 - 0,5 \cdot 61,5)) = 0,985.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 61,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 61,5}) = 20,1 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

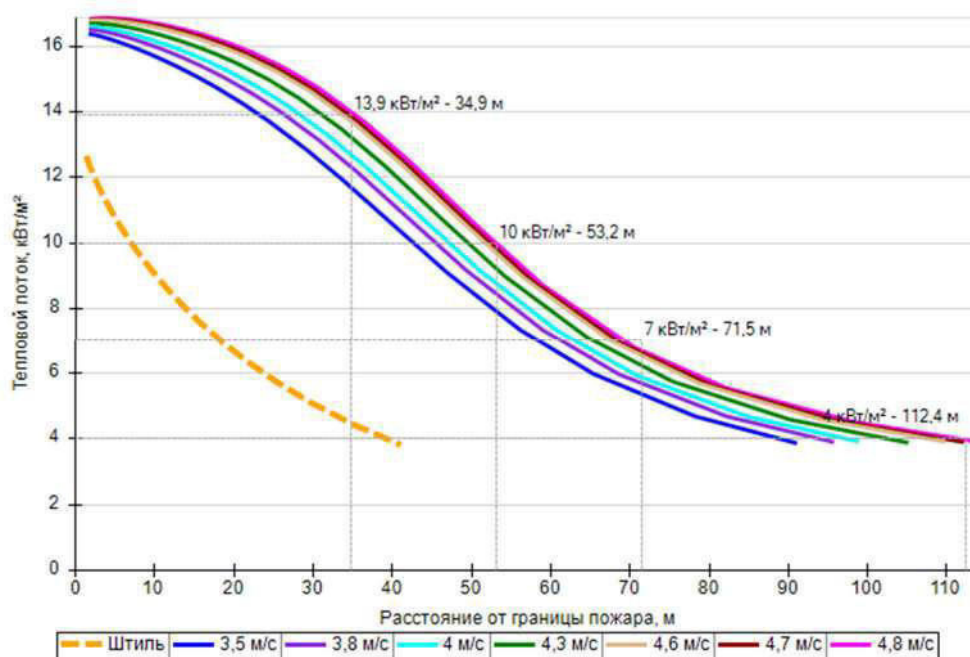
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20,1 \cdot 0,801 \cdot 0,985 = 15,83 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.3.3. Разрушение

Пожар пролива (сценарий 21, 22)

Сценарий 21.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,05$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 22.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,95 \cdot 0,061 = 0,05795.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05795 = 2,898 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 14,5 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 13114,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13114,6}{\pi}} = 129,2 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 129,2}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 129,2 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 129,2}} \right)^{0,61} = 82,7 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 14,5 + 0,5 \cdot 129,2 = 79,2 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 82,7}{129,2} = 1,28; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 79,2}{129,2} = 1,23;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,28 \cdot (1,23 + 1) \cdot 0} = 2,57;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,28^2 + (1,23 - 1)^2 - 2 \cdot 1,28 \cdot (1,23 - 1) \cdot 0} = 1,3;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,23^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,23;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,04 \cdot \arctan(0,32) + 1,04 \cdot \left[\frac{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,23 \cdot (1 + 1,28 \cdot 0)}{2,57 \cdot 1,3} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{2,57 \cdot 0,32}{1,3} \right) + \frac{1}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,28 \cdot 1,23 - 0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,406.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,32} \right) + \frac{0}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,28 \cdot 1,23 - 0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,23 \cdot (1 + 1,28 \cdot 0)}{2,57 \cdot 1,3} \right] \cdot \arctan \left(\frac{2,57 \cdot 0,32}{1,3} \right) \right\} = \\ = 0,287.$$

$$\text{Угловой коэффициент облученности: } F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,406^2 + 0,287^2} = 0,497.$$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (79,2 - 0,5 \cdot 129,2)) = 0,99.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 129,2} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 129,2}) = 20 \text{ кВт/м}^2.$$

$$\text{Интенсивность теплового излучения: } q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 0,497 \cdot 0,99 = 9,85 \text{ кВт/м}^2.$$

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 31,4 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 13114,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13114,6}{\pi}} = 129,2 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 129,2}{6,314}}} = 2,34.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 2,34^{-0,5} = 0,654; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,654^2} = 0,757. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 129,2 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 129,2}} \right)^{0,67} \cdot 2,34^{0,21} = 85,8 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 31,4 + 0,5 \cdot 129,2 = 96 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 85,8}{129,2} = 1,33; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 96}{129,2} = 1,49; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,33 \cdot (1,49 + 1) \cdot 0,757} = 1,72; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,33^2 + (1,49 - 1)^2 - 2 \cdot 1,33 \cdot (1,49 - 1) \cdot 0,757} = 1,01; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,49^2 - 1) \cdot 0,654^2} = 1,23; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,8 \cdot \arctan(0,44) + 1,8 \cdot \left[\frac{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 1,33 \cdot 0,757)}{1,72 \cdot 1,01} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,72 \cdot 0,44}{1,01} \right) + \frac{0,654}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,33 \cdot 1,49 - 1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,396.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,44} \right) + \frac{0,757}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,33 \cdot 1,49 - 1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 1,33 \cdot 0,757)}{1,72 \cdot 1,01} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,72 \cdot 0,44}{1,01} \right) \Big\} = \\
&= 0,665.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,396^2 + 0,665^2} = 0,774$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

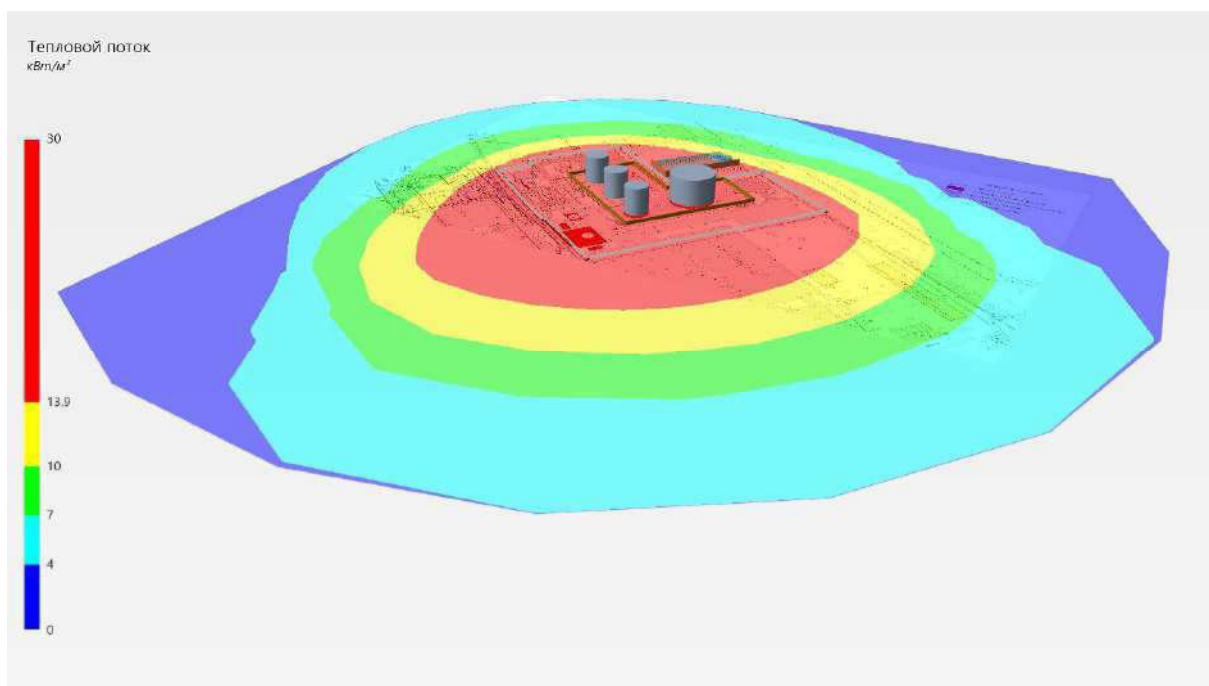
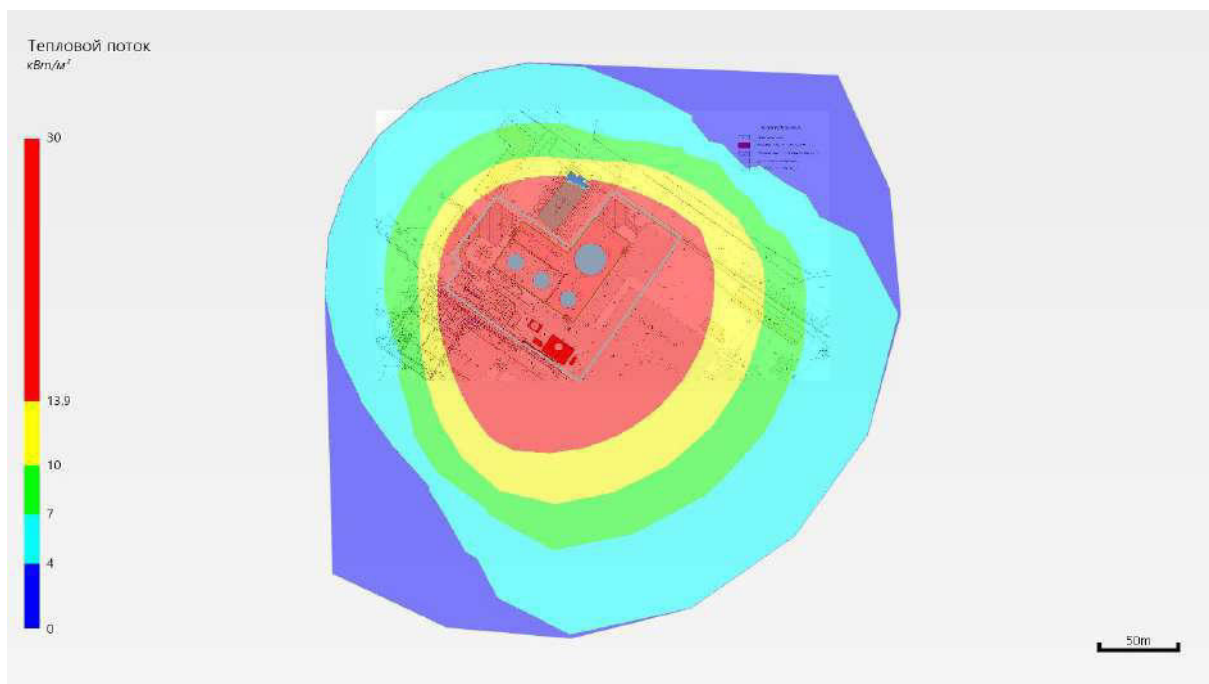
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (96 - 0,5 \cdot 129,2)) = 0,978.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 129,2} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 129,2}) = 20 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

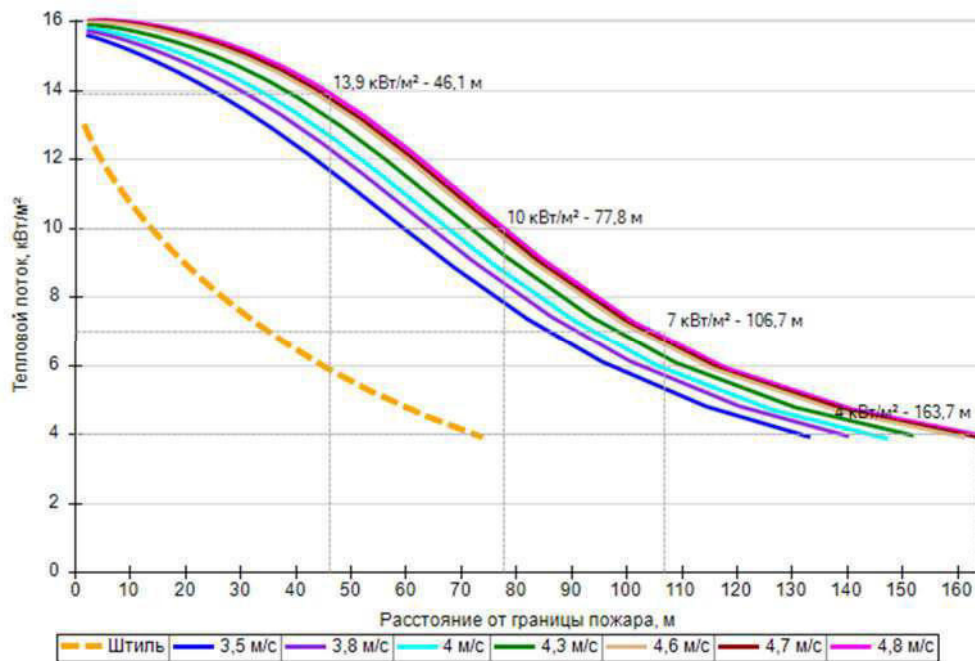
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 0,774 \cdot 0,978 = 15,14 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.3.4. Пожар на дыхательной арматуре

Пожар на дыхательной арматуре (сценарий 23)

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 2,7 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 5 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi}} = 2,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,5}} \right)^{0,61} = 5,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 2,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 4 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 5,4}{2,5} = 4,25; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 4}{2,5} = 3,18;$$

$$\begin{aligned}
A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 4,25 \cdot (3,18+1) \cdot 0} = 5,96; \\
B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{4,25^2 + (3,18-1)^2 - 2 \cdot 4,25 \cdot (3,18-1) \cdot 0} = 4,78; \\
C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (3,18^2 - 1) \cdot 1^2} = 3,18;
\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,34 \cdot \arctan(0,72) + 1,34 \cdot \left[\frac{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 3,18 \cdot (1 + 4,25 \cdot 0)}{5,96 \cdot 4,78} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{5,96 \cdot 0,72}{4,78}\right) + \frac{1}{3,18} \cdot \left[\arctan\left(\frac{4,25 \cdot 3,18 - 3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) + \arctan\left(\frac{3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,149.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,72}\right) + \frac{0}{3,18} \cdot \left[\arctan\left(\frac{4,25 \cdot 3,18 - 3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) + \arctan\left(\frac{3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 3,18 \cdot (1 + 4,25 \cdot 0)}{5,96 \cdot 4,78} \right] \cdot \arctan\left(\frac{5,96 \cdot 0,72}{4,78}\right) \Bigg\} = \\
&= 0,078.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,149^2 + 0,078^2} = 0,168$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (4 - 0,5 \cdot 2,5)) = 0,998.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 2,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 2,5}) = 108,7 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 108,7 \cdot 0,168 \cdot 0,998 = 18,27 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 15,7 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 5 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi}} = 2,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{6,314}}} = 8,68.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\cos \theta = u_*^{-0,5} = 8,68^{-0,5} = 0,339;$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,339^2} = 0,941.$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,5}} \right)^{0,67} \cdot 8,68^{0,21} = 8,2 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 15,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 17 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 8,2}{2,5} = 6,54; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 17}{2,5} = 13,45;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} =$$

$$= \sqrt{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 6,54 \cdot (13,45 + 1) \cdot 0,941} = 8,6;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} =$$

$$= \sqrt{6,54^2 + (13,45 - 1)^2 - 2 \cdot 6,54 \cdot (13,45 - 1) \cdot 0,941} = 6,68;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (13,45^2 - 1) \cdot 0,339^2} = 4,66;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} =$$

$$= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -0,3 \cdot \arctan(0,93) + 0,3 \cdot \left[\frac{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 13,45 \cdot (1 + 6,54 \cdot 0,941)}{8,6 \cdot 6,68} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan \left(\frac{8,6 \cdot 0,93}{6,68} \right) + \frac{0,339}{4,66} \cdot \left[\arctan \left(\frac{6,54 \cdot 13,45 - 13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66} \right) + \arctan \left(\frac{13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66} \right) \right] \Bigg\} =$$

$$= 0,022.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,93}\right) + \frac{0,941}{4,66} \cdot \left[\arctan\left(\frac{6,54 \cdot 13,45 - 13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66}\right) + \arctan\left(\frac{13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 13,45 \cdot (1 + 6,54 \cdot 0,941)}{8,6 \cdot 6,68} \right] \cdot \arctan\left(\frac{8,6 \cdot 0,93}{6,68}\right) \right\} = \\
&\quad = 0,163.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,022^2 + 0,163^2} = 0,164$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

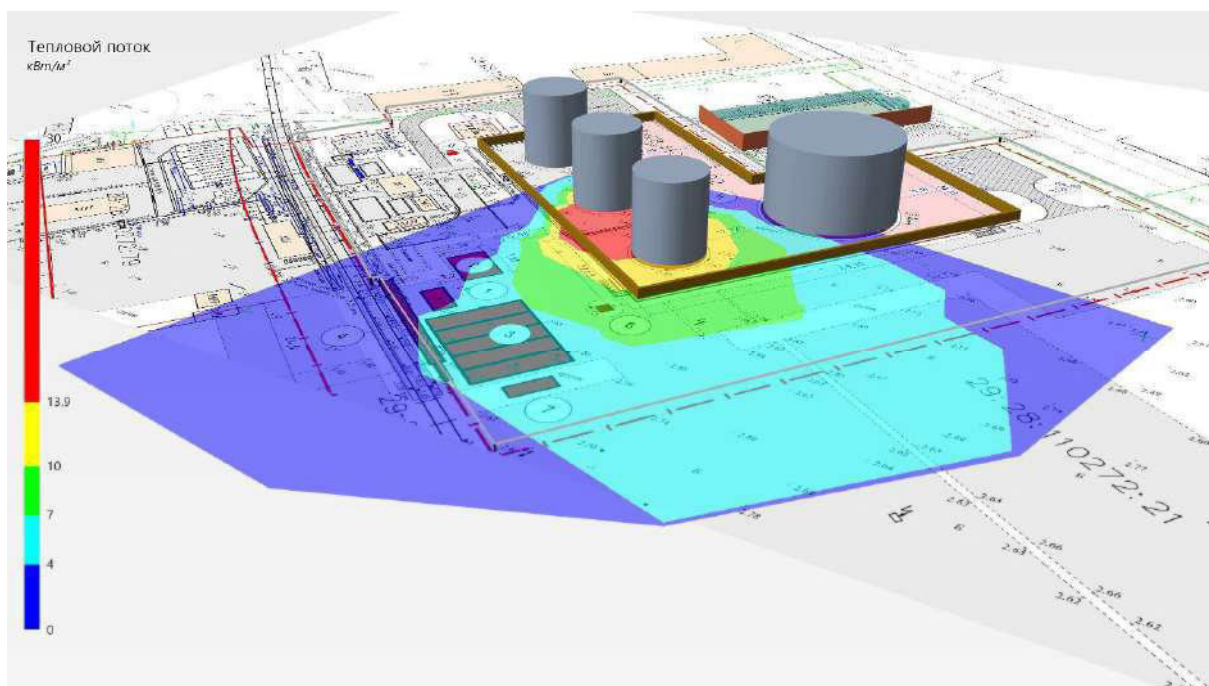
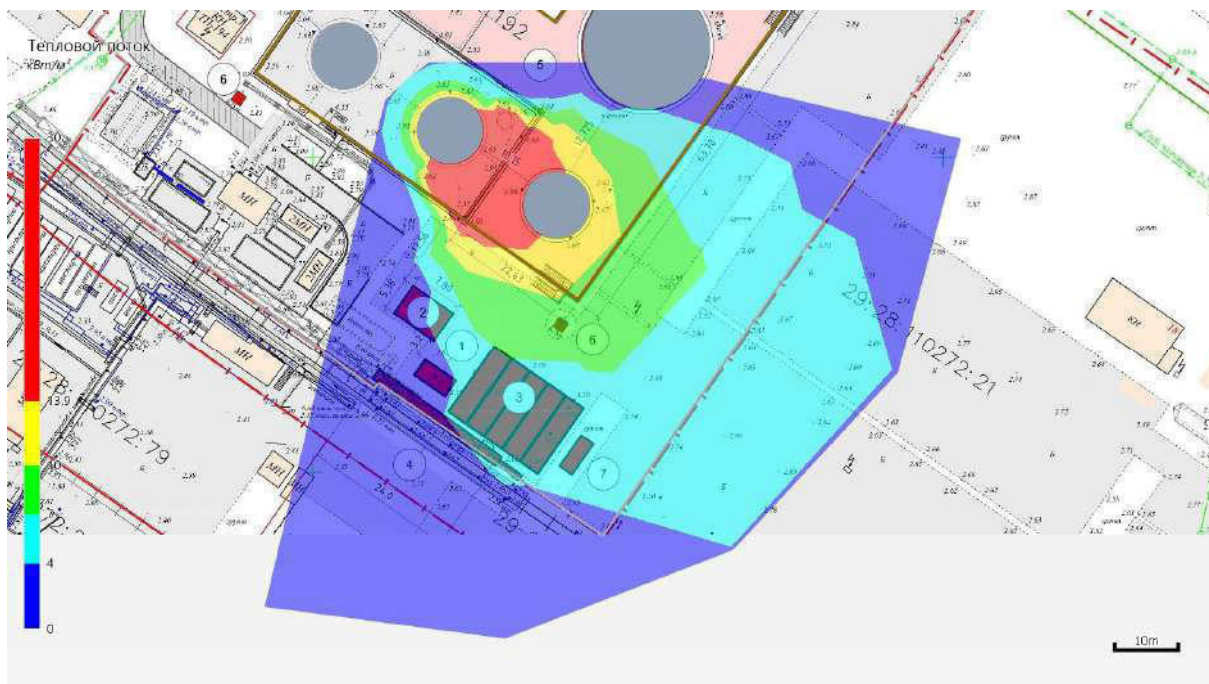
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (17 - 0,5 \cdot 2,5)) = 0,989.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 2,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 2,5}) = 108,7 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

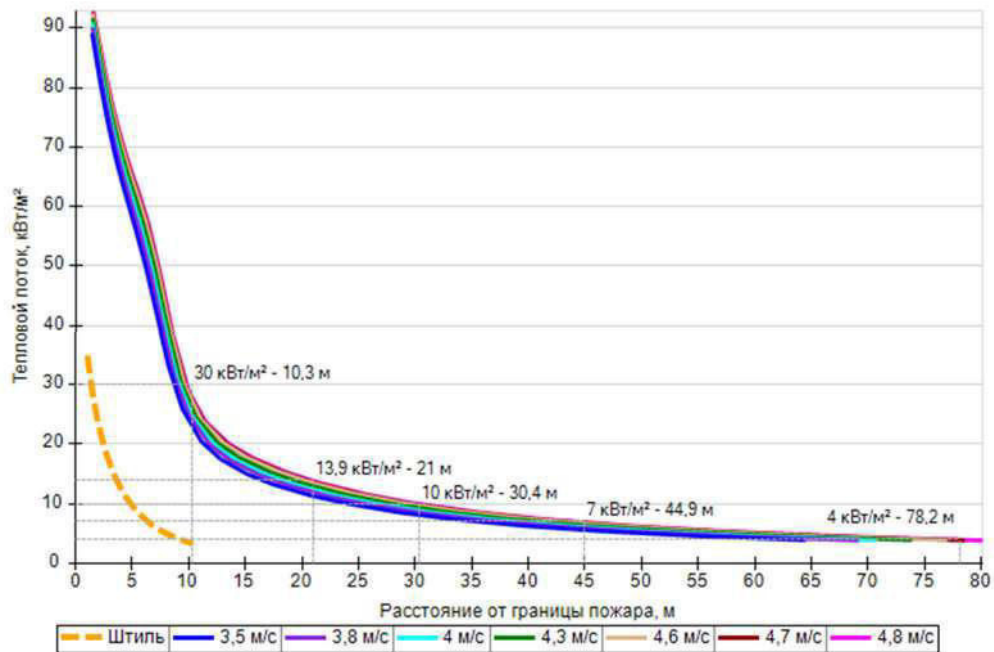
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 108,7 \cdot 0,164 \cdot 0,989 = 17,67 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.3.5. Пожар по всей поверхности

Пожар по всей поверхности (сценарий 24)

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 4,7 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 86,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 86,6}{\pi}} = 10,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 10,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 10,5}} \right)^{0,61} = 14,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 4,7 + 0,5 \cdot 10,5 = 10 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 14,4}{10,5} = 2,75; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 10}{10,5} = 1,9;$$

$$\begin{aligned}
A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 2,75 \cdot (1,9+1) \cdot 0} = 4; \\
B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{2,75^2 + (1,9-1)^2 - 2 \cdot 2,75 \cdot (1,9-1) \cdot 0} = 2,9; \\
C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,9^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,9;
\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,45 \cdot \arctan(0,56) + 1,45 \cdot \left[\frac{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 1,9 \cdot (1 + 2,75 \cdot 0)}{4 \cdot 2,9} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{4 \cdot 0,56}{2,9}\right) + \frac{1}{1,9} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,75 \cdot 1,9 - 1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) + \arctan\left(\frac{1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,257.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,56}\right) + \frac{0}{1,9} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,75 \cdot 1,9 - 1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) + \arctan\left(\frac{1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 1,9 \cdot (1 + 2,75 \cdot 0)}{4 \cdot 2,9} \right] \cdot \arctan\left(\frac{4 \cdot 0,56}{2,9}\right) \Bigg\} = \\
&= 0,154.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,257^2 + 0,154^2} = 0,3$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (10 - 0,5 \cdot 10,5)) = 0,997.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 10,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 10,5}) = 54 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 54 \cdot 0,3 \cdot 0,997 = 16,16 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 21,2 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 86,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 86,6}{\pi}} = 10,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 10,5}{6,314}}} = 5,4.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 5,4^{-0,5} = 0,43; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,43^2} = 0,903. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 10,5}} \right)^{0,67} \cdot 5,4^{0,21} = 19,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 21,2 + 0,5 \cdot 10,5 = 26,5 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 19,3}{10,5} = 3,67; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 26,5}{10,5} = 5,04; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{3,67^2 + (5,04+1)^2 - 2 \cdot 3,67 \cdot (5,04+1) \cdot 0,903} = 3,16; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{3,67^2 + (5,04-1)^2 - 2 \cdot 3,67 \cdot (5,04-1) \cdot 0,903} = 1,74; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (5,04^2 - 1) \cdot 0,43^2} = 2,35; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned} F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -0,91 \cdot \arctan(0,82) + 0,91 \cdot \left[\frac{3,67^2 + (5,04+1)^2 - 2 \cdot 5,04 \cdot (1 + 3,67 \cdot 0,903)}{3,16 \cdot 1,74} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{3,16 \cdot 0,82}{1,74} \right) + \frac{0,43}{2,35} \cdot \left[\arctan \left(\frac{3,67 \cdot 5,04 - 4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35} \right) + \arctan \left(\frac{4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= 0,182. \end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,82}\right) + \frac{0,903}{2,35} \cdot \left[\arctan\left(\frac{3,67 \cdot 5,04 - 4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35}\right) + \arctan\left(\frac{4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{3,67^2 + (5,04 + 1)^2 - 2 \cdot 5,04 \cdot (1 + 3,67 \cdot 0,903)}{3,16 \cdot 1,74} \right] \cdot \arctan\left(\frac{3,16 \cdot 0,82}{1,74}\right) \right\} = \\
&= 0,345.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,182^2 + 0,345^2} = 0,39$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

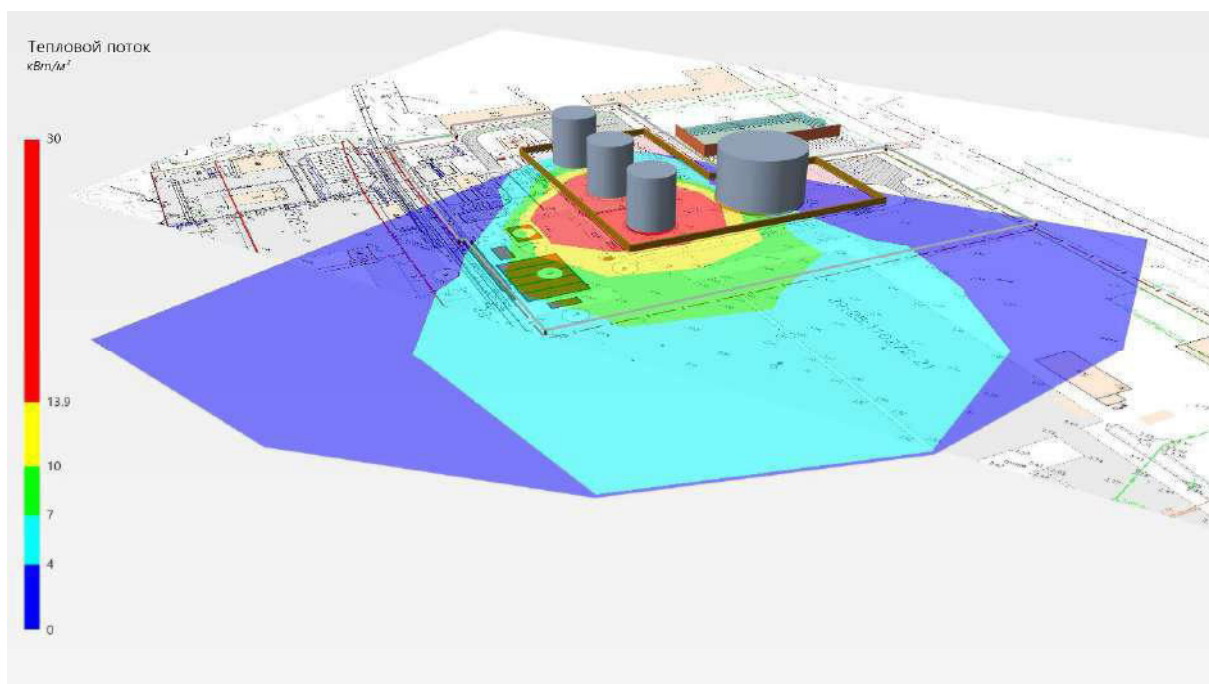
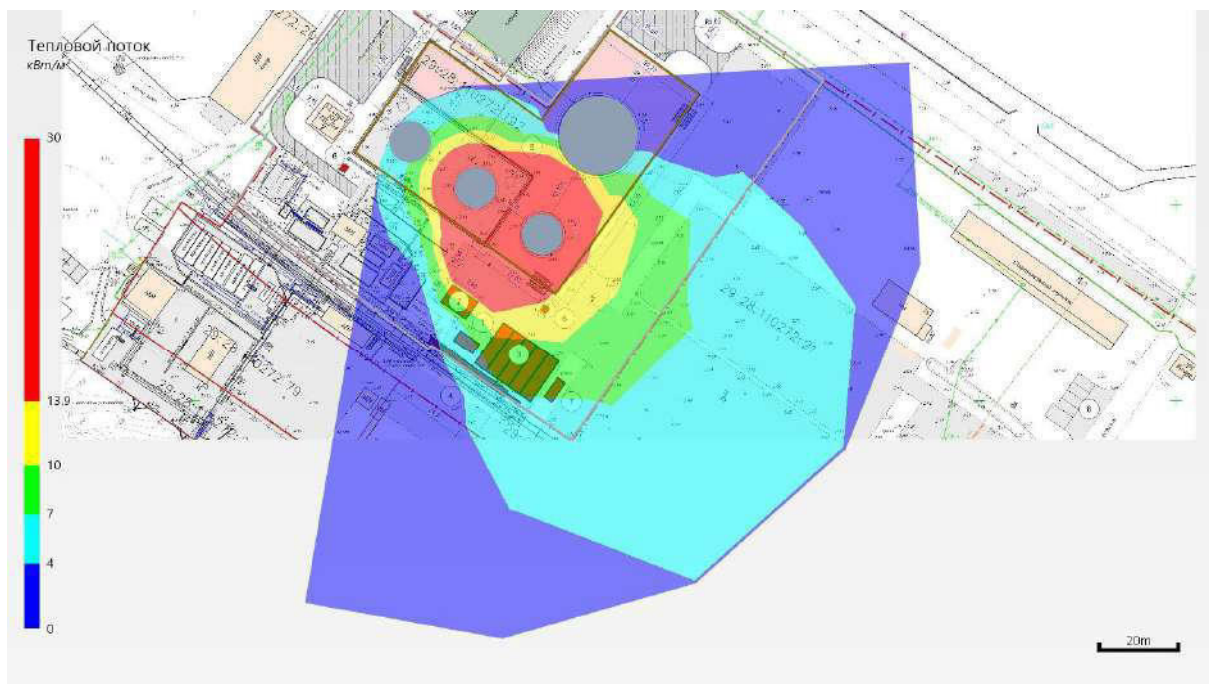
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (26,5 - 0,5 \cdot 10,5)) = 0,985.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 10,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 10,5}) = 54 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

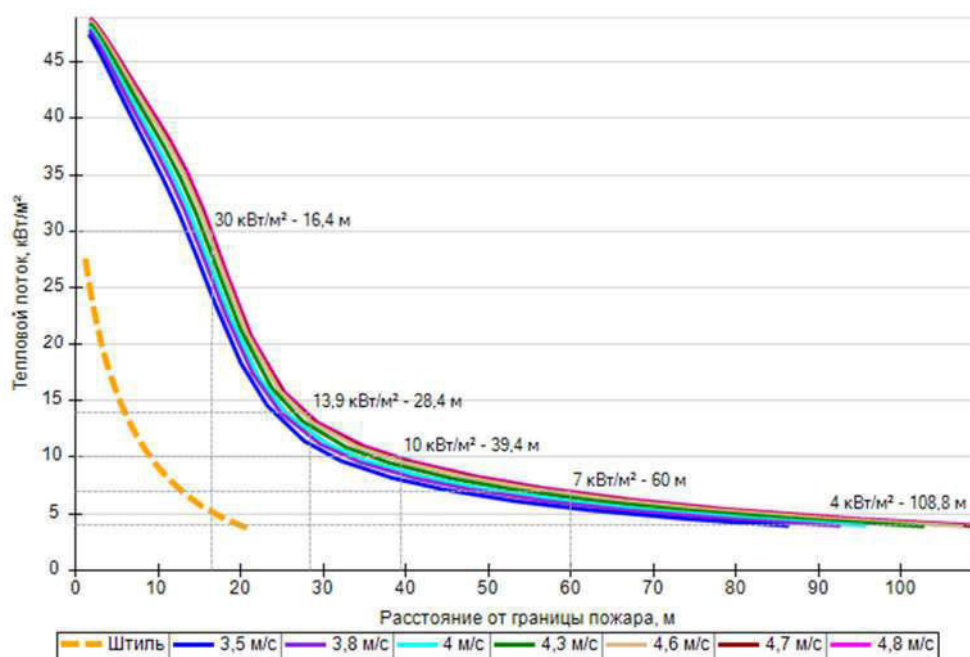
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 54 \cdot 0,39 \cdot 0,985 = 20,76 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.4. PBC_04

5.4.1. Разгерметизация 25 мм

Пожар пролива (сценарий 25, 26)

Сценарий 25.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,015$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,015 = 1,32 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 26.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,985 \cdot 0,015 = 0,014775.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,014775 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 5,3 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 355,1 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 355,1}{\pi}} = 21,3 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 21,3}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 21,3 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 21,3}} \right)^{0,61} = 23,6 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 5,3 + 0,5 \cdot 21,3 = 15,9 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 23,6}{21,3} = 2,22; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 15,9}{21,3} = 1,49;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ = \sqrt{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 2,22 \cdot (1,49 + 1) \cdot 0} = 3,34;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ = \sqrt{2,22^2 + (1,49 - 1)^2 - 2 \cdot 2,22 \cdot (1,49 - 1) \cdot 0} = 2,27;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,49^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,49;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,49 \cdot \arctan(0,45) + 1,49 \cdot \left[\frac{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 2,22 \cdot 0)}{3,34 \cdot 2,27} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{3,34 \cdot 0,45}{2,27} \right) + \frac{1}{1,49} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,22 \cdot 1,49 - 1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) + \arctan \left(\frac{1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,332.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,45} \right) + \frac{0}{1,49} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,22 \cdot 1,49 - 1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) + \arctan \left(\frac{1,11^2 \cdot 0}{1,11 \cdot 1,49} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{2,22^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 2,22 \cdot 0)}{3,34 \cdot 2,27} \right] \cdot \arctan \left(\frac{3,34 \cdot 0,45}{2,27} \right) \right\} = \\ = 0,217.$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,332^2 + 0,217^2} = 0,397$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (15,9 - 0,5 \cdot 21,3)) = 0,996.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 21,3} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 21,3}) = 29,4 \text{ кВт/м}^2.$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 29,4 \cdot 0,397 \cdot 0,996 = 11,6 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 18 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 355,1 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 355,1}{\pi}} = 21,3 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 21,3}{6,314}}} = 4,27.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned}\cos\theta &= u_*^{-0,5} = 4,27^{-0,5} = 0,484; \\ \sin\theta &= \sqrt{1 - \cos^2\theta} = \sqrt{1 - 0,484^2} = 0,875.\end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 21,3 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 21,3}} \right)^{0,67} \cdot 4,27^{0,21} = 29,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 18 + 0,5 \cdot 21,3 = 28,7 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned}a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 29,3}{21,3} = 2,76; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 28,7}{21,3} = 2,7; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\ &= \sqrt{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,76 \cdot (2,7+1) \cdot 0,875} = 1,85; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\ &= \sqrt{2,76^2 + (2,7-1)^2 - 2 \cdot 2,76 \cdot (2,7-1) \cdot 0,875} = 1,51; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (2,7^2 - 1) \cdot 0,484^2} = 1,57;\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -4,71 \cdot \arctan(0,68) + 4,71 \cdot \left[\frac{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,7 \cdot (1 + 2,76 \cdot 0,875)}{1,85 \cdot 1,51} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,85 \cdot 0,68}{1,51} \right) + \frac{0,484}{1,57} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,76 \cdot 2,7 - 2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) + \arctan \left(\frac{2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,303.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,68} \right) + \frac{0,875}{1,57} \cdot \left[\arctan \left(\frac{2,76 \cdot 2,7 - 2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) + \arctan \left(\frac{2,5^2 \cdot 0,875}{2,5 \cdot 1,57} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{2,76^2 + (2,7+1)^2 - 2 \cdot 2,7 \cdot (1 + 2,76 \cdot 0,875)}{1,85 \cdot 1,51} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,85 \cdot 0,68}{1,51} \right) \right\} = \\
&= 0,661.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,303^2 + 0,661^2} = 0,727$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

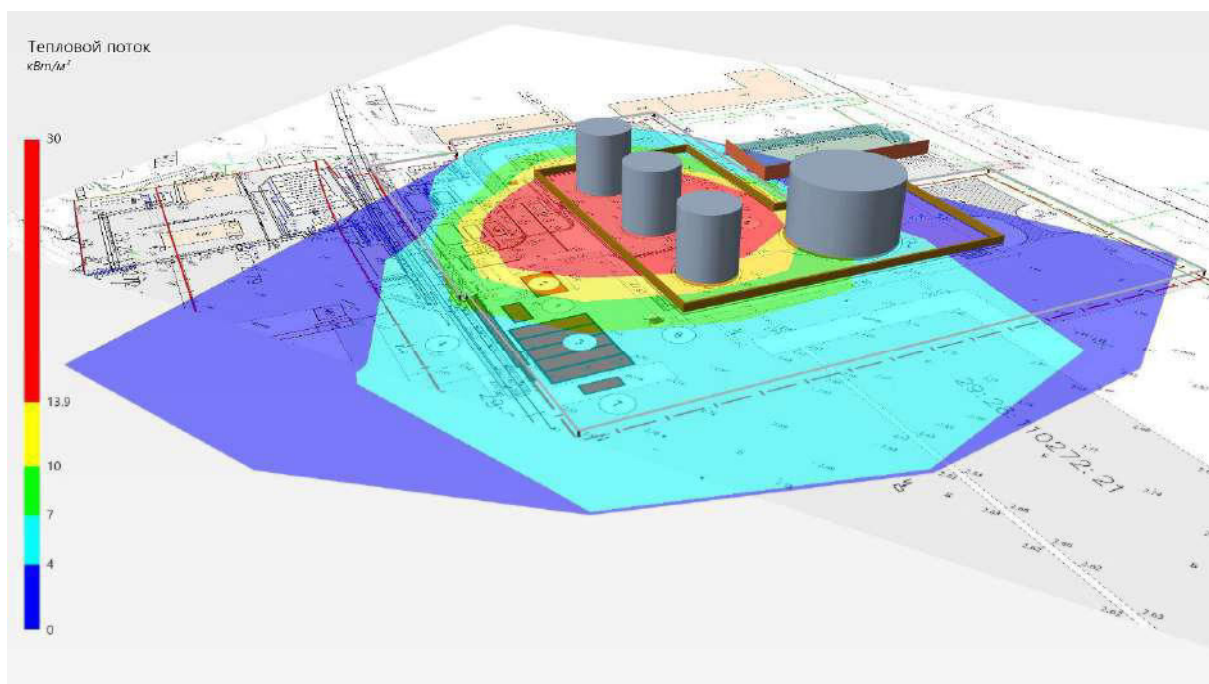
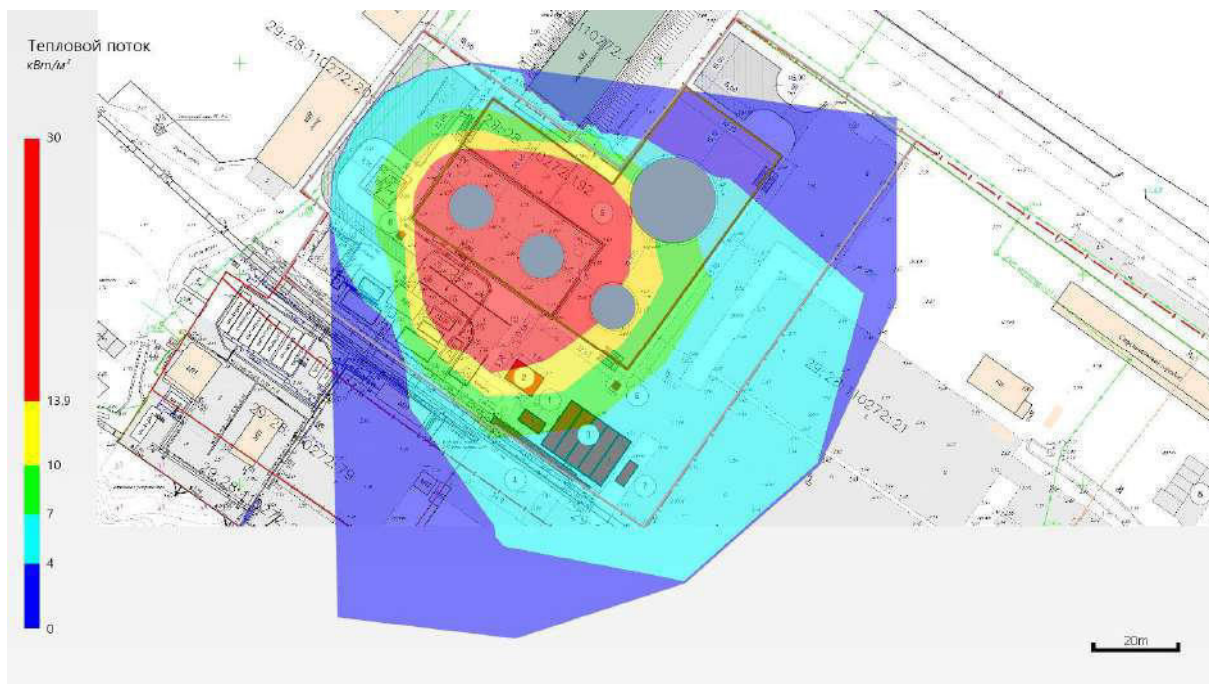
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (28,7 - 0,5 \cdot 21,3)) = 0,987.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 21,3} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 21,3}) = 29,4 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

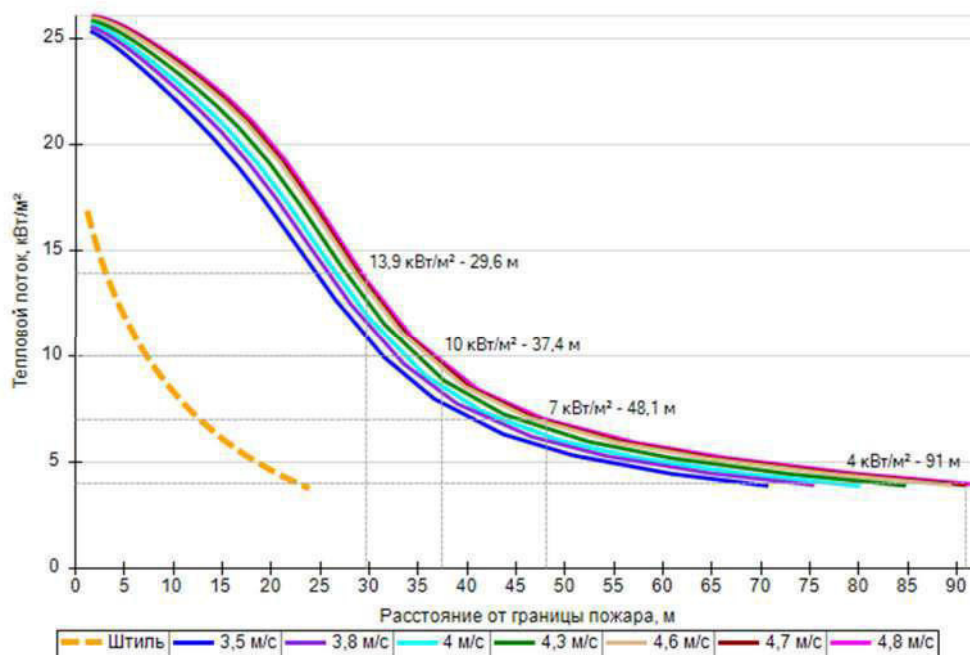
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 29,4 \cdot 0,727 \cdot 0,987 = 21,07 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.4.2. Разгерметизация 100 мм

Пожар пролива (сценарий 27, 28)

Сценарий 27.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,04$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04 = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 28.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,96 \cdot 0,042 = 0,04032.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 0,04032 = 4,838 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 8,4 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 2971,7 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2971,7}{\pi}} = 61,5 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 61,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 61,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 61,5}} \right)^{0,61} = 49,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 8,4 + 0,5 \cdot 61,5 = 39,2 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 49,4}{61,5} = 1,61; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 39,2}{61,5} = 1,27;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,61^2 + (1,27 + 1)^2 - 2 \cdot 1,61 \cdot (1,27 + 1) \cdot 0} = 2,78;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,61^2 + (1,27 - 1)^2 - 2 \cdot 1,61 \cdot (1,27 - 1) \cdot 0} = 1,63;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,27^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,27;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,26 \cdot \arctan(0,35) + 1,26 \cdot \left[\frac{1,61^2 + (1,27 + 1)^2 - 2 \cdot 1,27 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0)}{2,78 \cdot 1,63} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{2,78 \cdot 0,35}{1,63} \right) + \frac{1}{1,27} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,61 \cdot 1,27 - 0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) + \arctan \left(\frac{0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,39.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,35} \right) + \frac{0}{1,27} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,61 \cdot 1,27 - 0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) + \arctan \left(\frac{0,79^2 \cdot 0}{0,79 \cdot 1,27} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{1,61^2 + (1,27 + 1)^2 - 2 \cdot 1,27 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0)}{2,78 \cdot 1,63} \right] \cdot \arctan \left(\frac{2,78 \cdot 0,35}{1,63} \right) \right\} = \\ = 0,273.$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,39^2 + 0,273^2} = 0,476.$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (39,2 - 0,5 \cdot 61,5)) = 0,994.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 61,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 61,5}) = 20,1 \text{ кВт/м}^2.$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20,1 \cdot 0,476 \cdot 0,994 = 9,51 \text{ кВт/м}^2.$

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 22,1 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 2971,7 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2971,7}{\pi}} = 61,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 61,5}{6,314}}} = 3.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 3^{-0,5} = 0,578; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,578^2} = 0,816. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 61,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 61,5}} \right)^{0,67} \cdot 3^{0,21} = 55,2 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 22,1 + 0,5 \cdot 61,5 = 52,9 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 55,2}{61,5} = 1,79; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 52,9}{61,5} = 1,72; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,79 \cdot (1,72 + 1) \cdot 0,816} = 1,63; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,79^2 + (1,72 - 1)^2 - 2 \cdot 1,79 \cdot (1,72 - 1) \cdot 0,816} = 1,28; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,72^2 - 1) \cdot 0,578^2} = 1,29; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -4,07 \cdot \arctan(0,51) + 4,07 \cdot \left[\frac{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,72 \cdot (1 + 1,79 \cdot 0,816)}{1,63 \cdot 1,28} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,63 \cdot 0,51}{1,28} \right) + \frac{0,578}{1,29} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,79 \cdot 1,72 - 1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) + \arctan \left(\frac{1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,361.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,51} \right) + \frac{0,816}{1,29} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,79 \cdot 1,72 - 1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) + \arctan \left(\frac{1,4^2 \cdot 0,816}{1,4 \cdot 1,29} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{1,79^2 + (1,72 + 1)^2 - 2 \cdot 1,72 \cdot (1 + 1,79 \cdot 0,816)}{1,63 \cdot 1,28} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,63 \cdot 0,51}{1,28} \right) \right\} = \\
&= 0,715.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,361^2 + 0,715^2} = 0,801$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

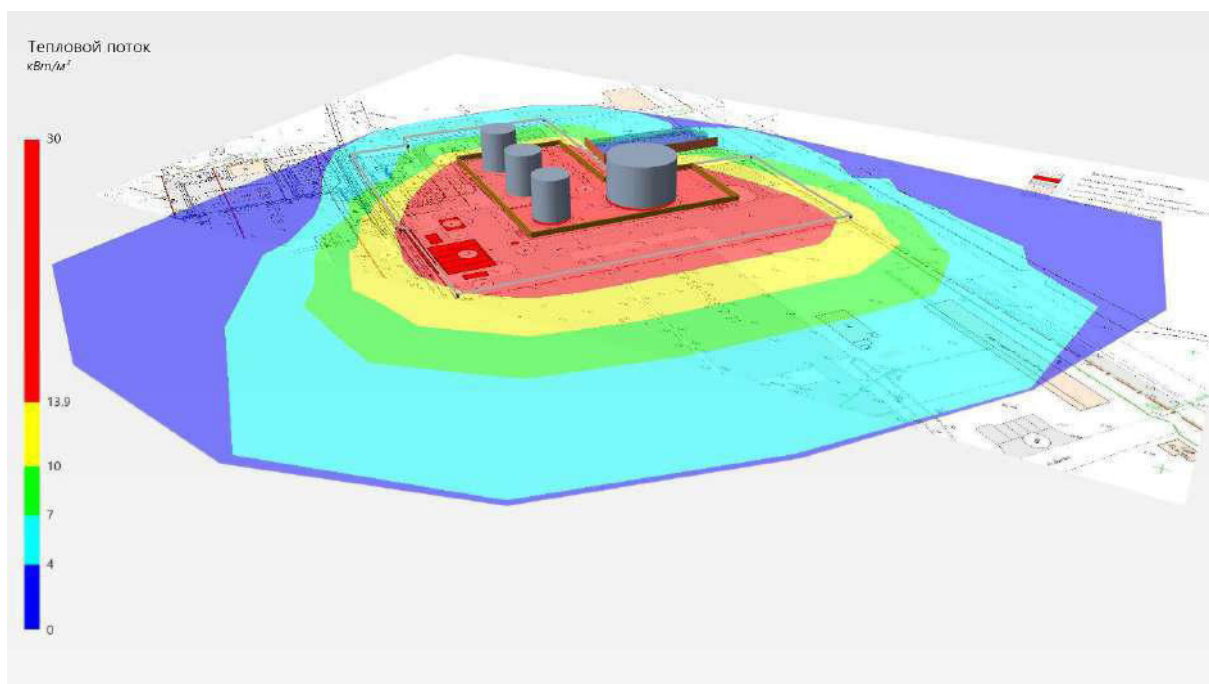
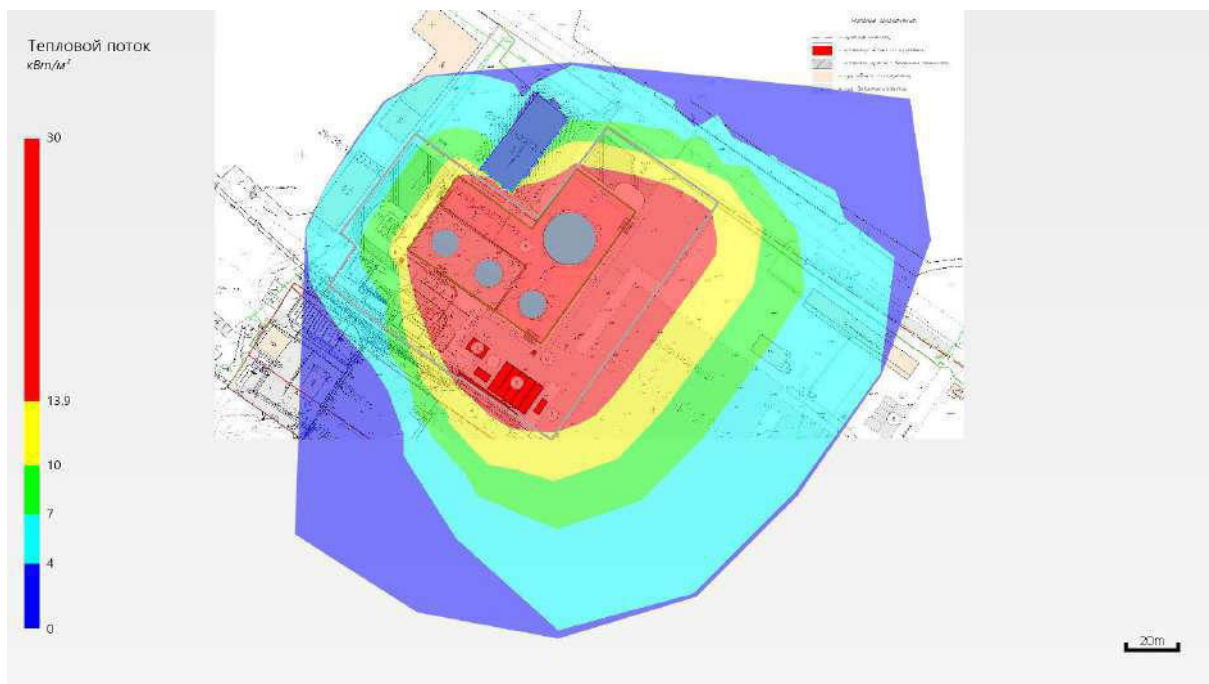
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (52,9 - 0,5 \cdot 61,5)) = 0,985.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 61,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 61,5}) = 20,1 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

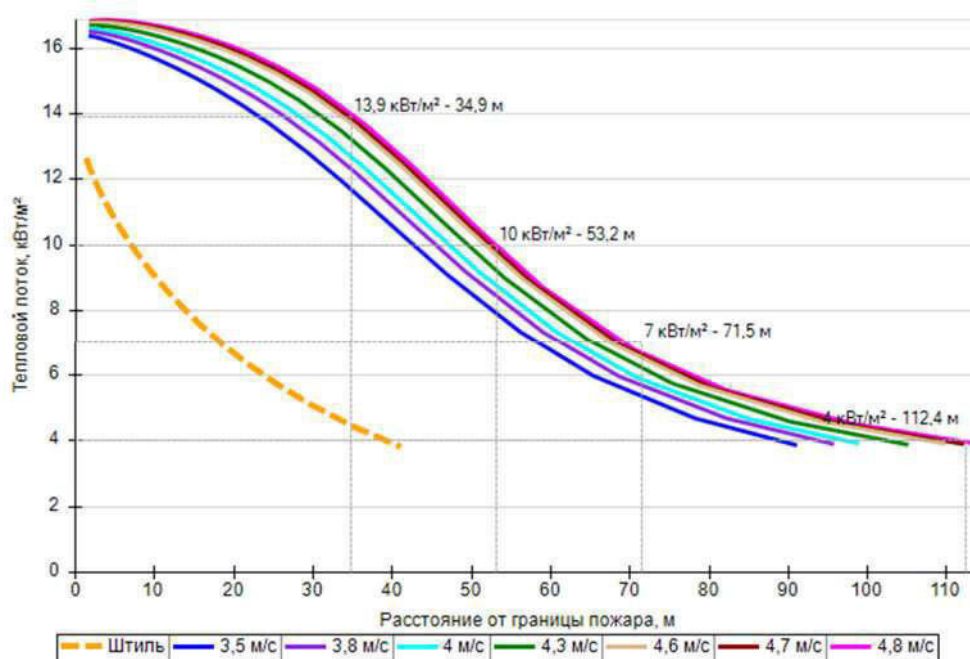
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20,1 \cdot 0,801 \cdot 0,985 = 15,83 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.4.3. Разрушение

Пожар пролива (сценарий 29, 30)

Сценарий 29.

Условная вероятность возникновения: $P = 0,05$.

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Сценарий 30.

Условная вероятность возникновения:

$$P = 0,95 \cdot 0,061 = 0,05795.$$

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05795 = 2,898 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 14,5 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 13114,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13114,6}{\pi}} = 129,2 \text{ м}.$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 129,2}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 129,2 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 129,2}} \right)^{0,61} = 82,7 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 14,5 + 0,5 \cdot 129,2 = 79,2 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 82,7}{129,2} = 1,28; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 79,2}{129,2} = 1,23;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,28 \cdot (1,23 + 1) \cdot 0} = 2,57;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin\theta} = \\ = \sqrt{1,28^2 + (1,23 - 1)^2 - 2 \cdot 1,28 \cdot (1,23 - 1) \cdot 0} = 1,3;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,23^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,23;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,04 \cdot \arctan(0,32) + 1,04 \cdot \left[\frac{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,23 \cdot (1 + 1,28 \cdot 0)}{2,57 \cdot 1,3} \right] \times \right. \\ \times \arctan \left(\frac{2,57 \cdot 0,32}{1,3} \right) + \frac{1}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,28 \cdot 1,23 - 0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) \right] \Bigg\} = \\ = 0,406.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\ = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,32} \right) + \frac{0}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,28 \cdot 1,23 - 0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{0,71^2 \cdot 0}{0,71 \cdot 1,23} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{1,28^2 + (1,23 + 1)^2 - 2 \cdot 1,23 \cdot (1 + 1,28 \cdot 0)}{2,57 \cdot 1,3} \right] \cdot \arctan \left(\frac{2,57 \cdot 0,32}{1,3} \right) \right\} = \\ = 0,287.$$

$$\text{Угловой коэффициент облученности: } F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,406^2 + 0,287^2} = 0,497.$$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (79,2 - 0,5 \cdot 129,2)) = 0,99.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\ = 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 129,2} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 129,2}) = 20 \text{ кВт/м}^2.$$

$$\text{Интенсивность теплового излучения: } q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 0,497 \cdot 0,99 = 9,85 \text{ кВт/м}^2.$$

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 31,4 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 13114,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13114,6}{\pi}} = 129,2 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 129,2}{6,314}}} = 2,34.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 2,34^{-0,5} = 0,654; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,654^2} = 0,757. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 129,2 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 129,2}} \right)^{0,67} \cdot 2,34^{0,21} = 85,8 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 31,4 + 0,5 \cdot 129,2 = 96 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 85,8}{129,2} = 1,33; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 96}{129,2} = 1,49; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,33 \cdot (1,49 + 1) \cdot 0,757} = 1,72; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{1,33^2 + (1,49 - 1)^2 - 2 \cdot 1,33 \cdot (1,49 - 1) \cdot 0,757} = 1,01; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (1,49^2 - 1) \cdot 0,654^2} = 1,23; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Big\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,8 \cdot \arctan(0,44) + 1,8 \cdot \left[\frac{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 1,33 \cdot 0,757)}{1,72 \cdot 1,01} \right] \times \right. \\
&\times \arctan \left(\frac{1,72 \cdot 0,44}{1,01} \right) + \frac{0,654}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,33 \cdot 1,49 - 1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) \right] \Big\} = \\
&= 0,396.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan \left(\frac{1}{0,44} \right) + \frac{0,757}{1,23} \cdot \left[\arctan \left(\frac{1,33 \cdot 1,49 - 1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) + \arctan \left(\frac{1,1^2 \cdot 0,757}{1,1 \cdot 1,23} \right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{1,33^2 + (1,49 + 1)^2 - 2 \cdot 1,49 \cdot (1 + 1,33 \cdot 0,757)}{1,72 \cdot 1,01} \right] \cdot \arctan \left(\frac{1,72 \cdot 0,44}{1,01} \right) \right\} = \\
&= 0,665.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,396^2 + 0,665^2} = 0,774$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

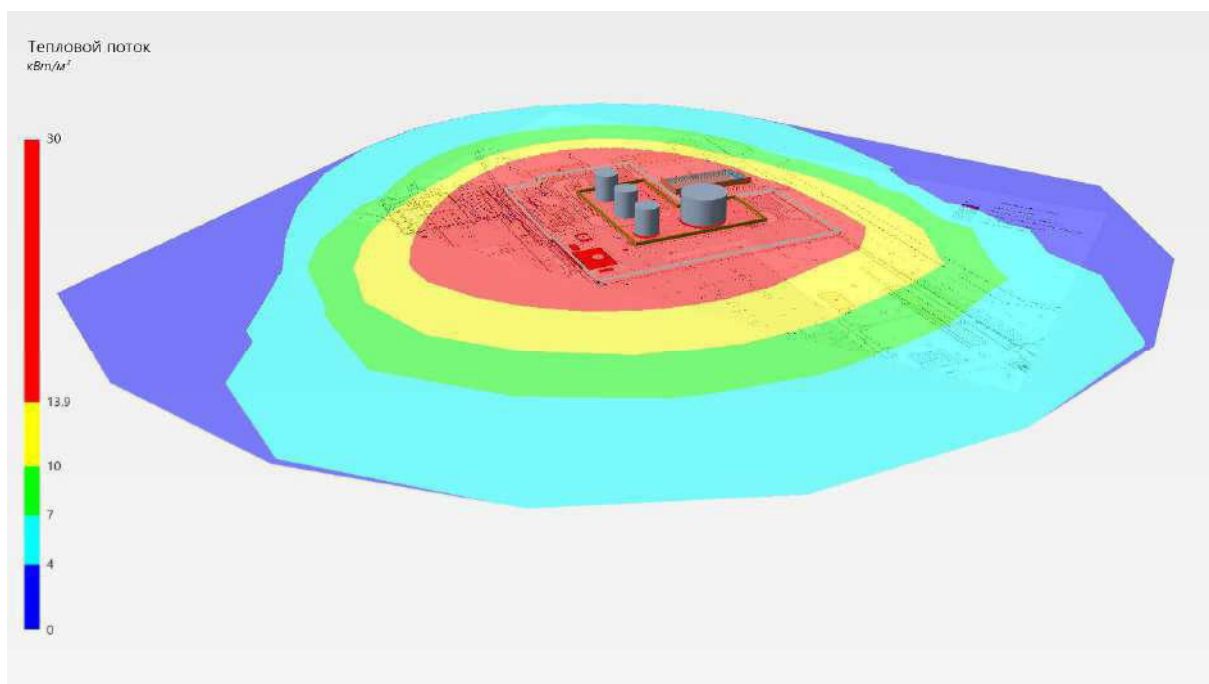
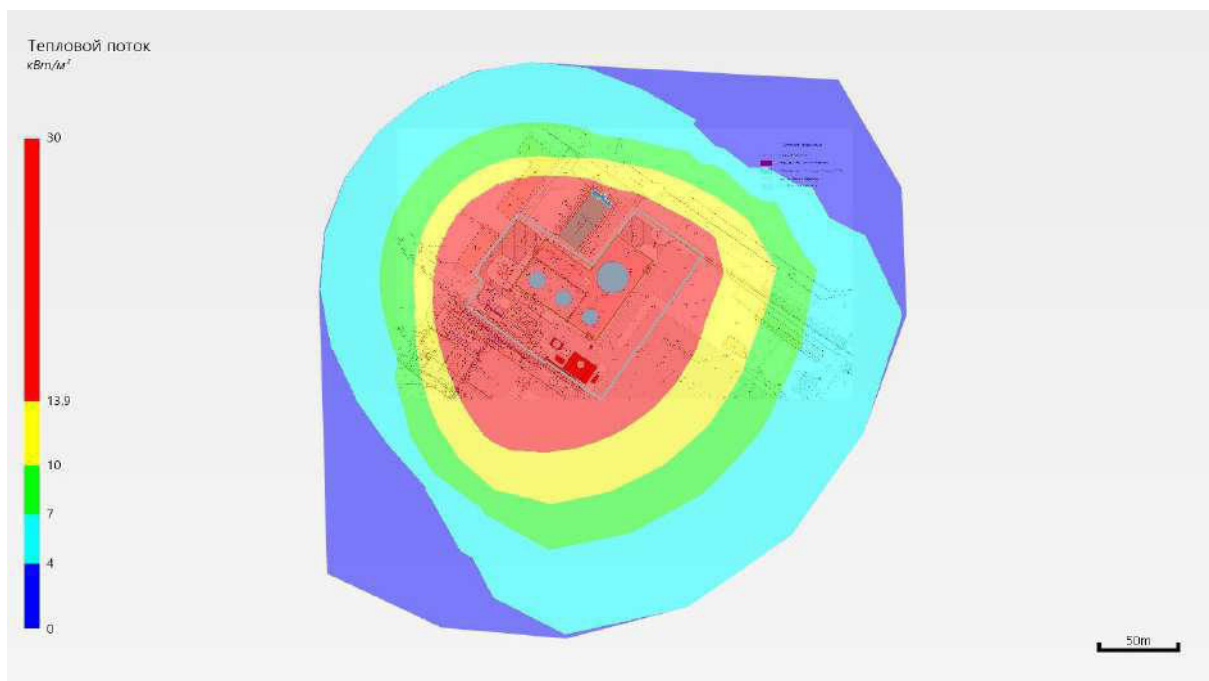
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (96 - 0,5 \cdot 129,2)) = 0,978.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 129,2} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 129,2}) = 20 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

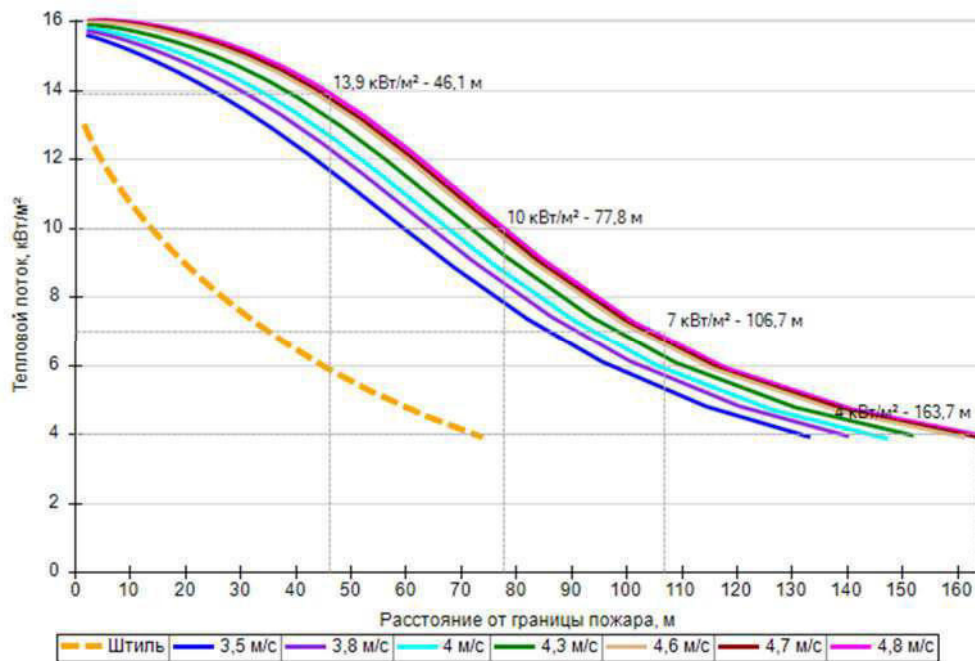
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 0,774 \cdot 0,978 = 15,14 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.4.4. Пожар на дыхательной арматуре

Пожар на дыхательной арматуре (сценарий 31)

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 2,7 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 5 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi}} = 2,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,5}} \right)^{0,61} = 5,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 2,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 4 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 5,4}{2,5} = 4,25; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 4}{2,5} = 3,18;$$

$$\begin{aligned}
A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 4,25 \cdot (3,18+1) \cdot 0} = 5,96; \\
B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{4,25^2 + (3,18-1)^2 - 2 \cdot 4,25 \cdot (3,18-1) \cdot 0} = 4,78; \\
C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (3,18^2 - 1) \cdot 1^2} = 3,18;
\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,34 \cdot \arctan(0,72) + 1,34 \cdot \left[\frac{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 3,18 \cdot (1 + 4,25 \cdot 0)}{5,96 \cdot 4,78} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{5,96 \cdot 0,72}{4,78}\right) + \frac{1}{3,18} \cdot \left[\arctan\left(\frac{4,25 \cdot 3,18 - 3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) + \arctan\left(\frac{3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,149.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,72}\right) + \frac{0}{3,18} \cdot \left[\arctan\left(\frac{4,25 \cdot 3,18 - 3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) + \arctan\left(\frac{3,02^2 \cdot 0}{3,02 \cdot 3,18}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{4,25^2 + (3,18+1)^2 - 2 \cdot 3,18 \cdot (1 + 4,25 \cdot 0)}{5,96 \cdot 4,78} \right] \cdot \arctan\left(\frac{5,96 \cdot 0,72}{4,78}\right) \Bigg\} = \\
&= 0,078.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,149^2 + 0,078^2} = 0,168$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (4 - 0,5 \cdot 2,5)) = 0,998.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 2,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 2,5}) = 108,7 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 108,7 \cdot 0,168 \cdot 0,998 = 18,27 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 15,7 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 5 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{\pi}} = 2,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{6,314}}} = 8,68.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\cos \theta = u_*^{-0,5} = 8,68^{-0,5} = 0,339;$$

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,339^2} = 0,941.$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2,5}} \right)^{0,67} \cdot 8,68^{0,21} = 8,2 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 15,7 + 0,5 \cdot 2,5 = 17 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 8,2}{2,5} = 6,54; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 17}{2,5} = 13,45;$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2a(b + 1) \cdot \sin \theta} =$$

$$= \sqrt{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 6,54 \cdot (13,45 + 1) \cdot 0,941} = 8,6;$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2a(b - 1) \cdot \sin \theta} =$$

$$= \sqrt{6,54^2 + (13,45 - 1)^2 - 2 \cdot 6,54 \cdot (13,45 - 1) \cdot 0,941} = 6,68;$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (13,45^2 - 1) \cdot 0,339^2} = 4,66;$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} =$$

$$= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -0,3 \cdot \arctan(0,93) + 0,3 \cdot \left[\frac{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 13,45 \cdot (1 + 6,54 \cdot 0,941)}{8,6 \cdot 6,68} \right] \times \right.$$

$$\times \arctan \left(\frac{8,6 \cdot 0,93}{6,68} \right) + \frac{0,339}{4,66} \cdot \left[\arctan \left(\frac{6,54 \cdot 13,45 - 13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66} \right) + \arctan \left(\frac{13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66} \right) \right] \Bigg\} =$$

$$= 0,022.$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,93}\right) + \frac{0,941}{4,66} \cdot \left[\arctan\left(\frac{6,54 \cdot 13,45 - 13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66}\right) + \arctan\left(\frac{13,42^2 \cdot 0,941}{13,42 \cdot 4,66}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{6,54^2 + (13,45 + 1)^2 - 2 \cdot 13,45 \cdot (1 + 6,54 \cdot 0,941)}{8,6 \cdot 6,68} \right] \cdot \arctan\left(\frac{8,6 \cdot 0,93}{6,68}\right) \right\} = \\
&= 0,163.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,022^2 + 0,163^2} = 0,164$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

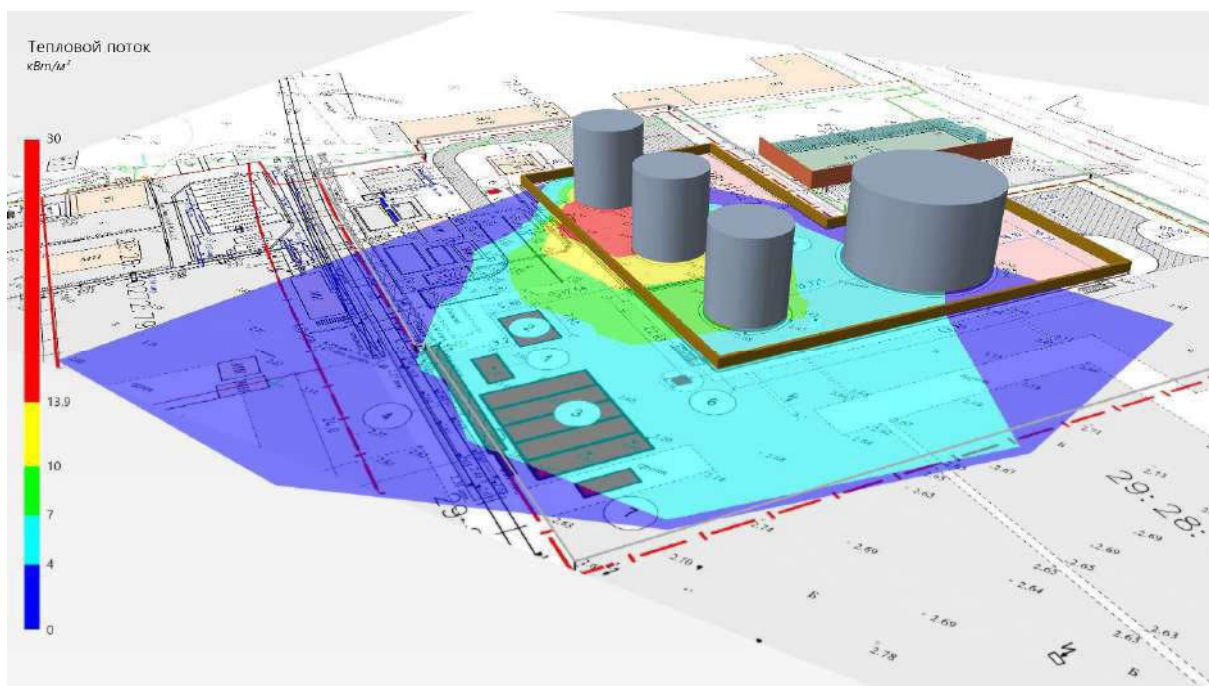
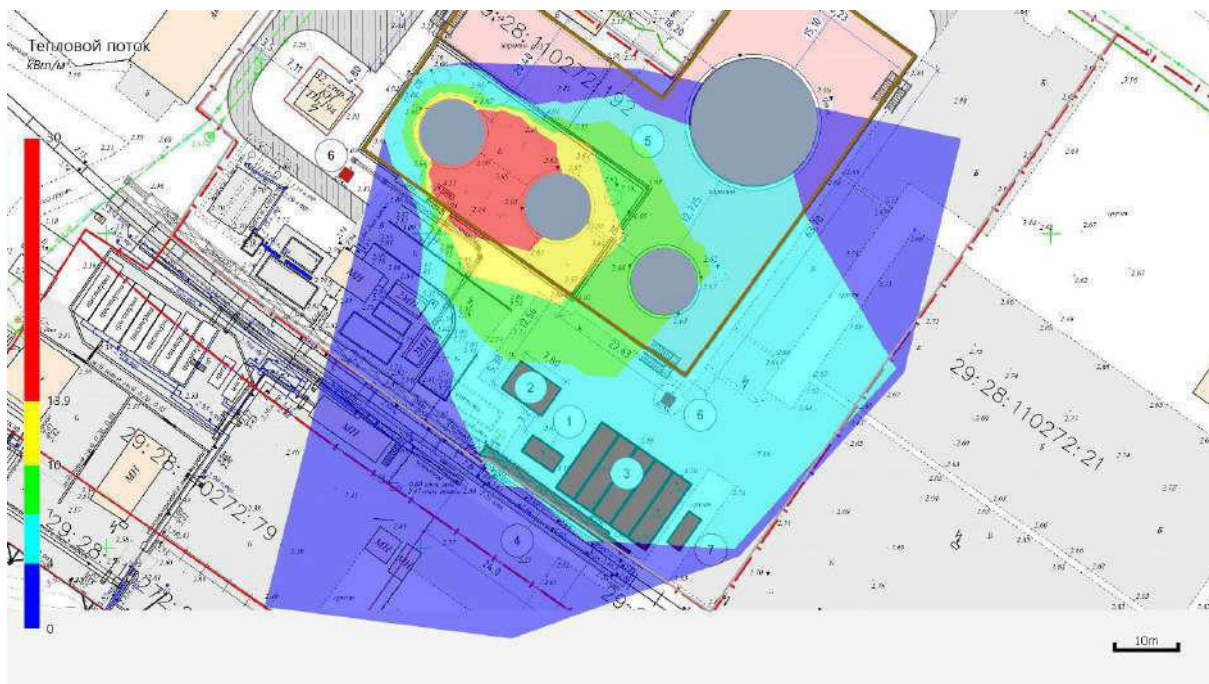
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (17 - 0,5 \cdot 2,5)) = 0,989.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 2,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 2,5}) = 108,7 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

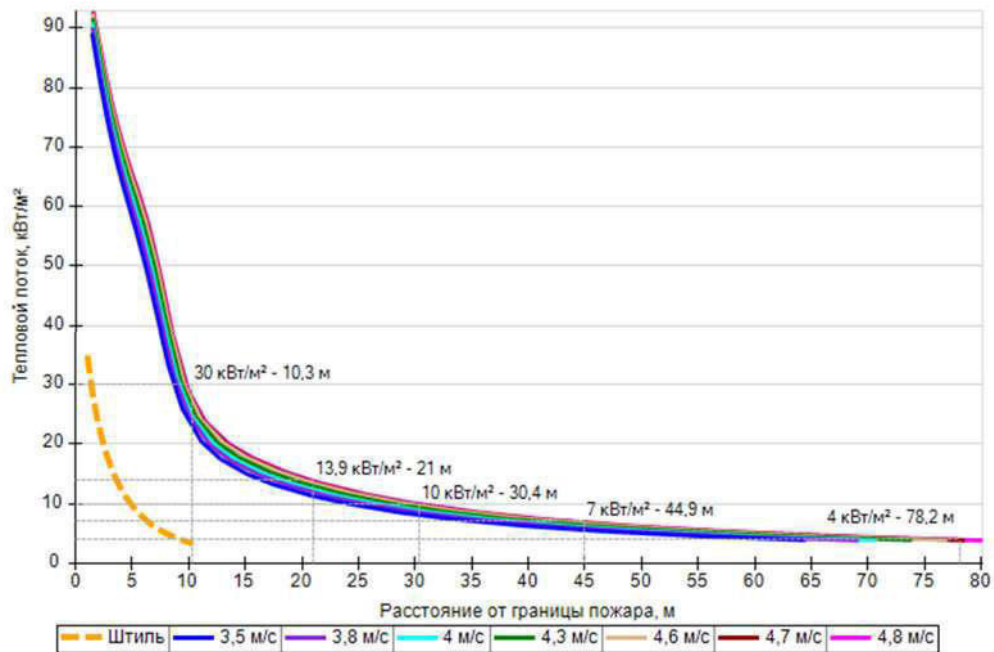
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 108,7 \cdot 0,164 \cdot 0,989 = 17,67 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

5.4.5. Пожар по всей поверхности

Пожар по всей поверхности (сценарий 32)

Частота возникновения: $Q = Q_{ав.с.} \cdot P = 9 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Расчет теплового потока при штиле.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 4,7 м от края пролива (края площади пожара).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 86,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 86,6}{\pi}} = 10,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{0}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 10,5}{6,314}}} = 0.$$

При $u_* < 1$ принимается: $\cos\theta = 1$; $\sin\theta = 0$.

Длина пламени:

$$L = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 10,5}} \right)^{0,61} = 14,4 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 4,7 + 0,5 \cdot 10,5 = 10 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$a = \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 14,4}{10,5} = 2,75; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 10}{10,5} = 1,9;$$

$$\begin{aligned}
A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 2,75 \cdot (1,9+1) \cdot 0} = 4; \\
B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin\theta} = \\
&= \sqrt{2,75^2 + (1,9-1)^2 - 2 \cdot 2,75 \cdot (1,9-1) \cdot 0} = 2,9; \\
C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2\theta} = \sqrt{1 + (1,9^2 - 1) \cdot 1^2} = 1,9;
\end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -1,45 \cdot \arctan(0,56) + 1,45 \cdot \left[\frac{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 1,9 \cdot (1 + 2,75 \cdot 0)}{4 \cdot 2,9} \right] \times \right. \\
&\times \arctan\left(\frac{4 \cdot 0,56}{2,9}\right) + \frac{1}{1,9} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,75 \cdot 1,9 - 1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) + \arctan\left(\frac{1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) \right] \Bigg\} = \\
&= 0,257.
\end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \Bigg\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,56}\right) + \frac{0}{1,9} \cdot \left[\arctan\left(\frac{2,75 \cdot 1,9 - 1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) + \arctan\left(\frac{1,62^2 \cdot 0}{1,62 \cdot 1,9}\right) \right] - \right. \\
&- \left[\frac{2,75^2 + (1,9+1)^2 - 2 \cdot 1,9 \cdot (1 + 2,75 \cdot 0)}{4 \cdot 2,9} \right] \cdot \arctan\left(\frac{4 \cdot 0,56}{2,9}\right) \Bigg\} = \\
&= 0,154.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,257^2 + 0,154^2} = 0,3$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (10 - 0,5 \cdot 10,5)) = 0,997.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 10,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 10,5}) = 54 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 54 \cdot 0,3 \cdot 0,997 = 16,16 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет теплового потока при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет теплового потока для точки, расположенной на расстоянии 21,2 м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (значения теплового потока для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Площадь пожара: $F_{\Pi} = 86,6 \text{ м}^2$.

Эффективный диаметр площади пожара:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 86,6}{\pi}} = 10,5 \text{ м.}$$

Параметр u_* :

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\Pi}}}} = \frac{4,8}{\sqrt[3]{\frac{0,043 \cdot 9,81 \cdot 10,5}{6,314}}} = 5,4.$$

При $u_* \geq 1$ принимается:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_*^{-0,5} = 5,4^{-0,5} = 0,43; \\ \sin \theta &= \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \sqrt{1 - 0,43^2} = 0,903. \end{aligned}$$

Длина пламени:

$$L = 55 \cdot d \cdot \left(\frac{m'}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21} = 55 \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{0,043}{1,15 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 10,5}} \right)^{0,67} \cdot 5,4^{0,21} = 19,3 \text{ м.}$$

Расстояние от геометрического центра пожара до облучаемого объекта:

$$X = r + 0,5 \cdot d = 21,2 + 0,5 \cdot 10,5 = 26,5 \text{ м.}$$

Расчетные величины:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L}{d} = \frac{2 \cdot 19,3}{10,5} = 3,67; \quad b = \frac{2X}{d} = \frac{2 \cdot 26,5}{10,5} = 5,04; \\ A &= \sqrt{a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{3,67^2 + (5,04+1)^2 - 2 \cdot 3,67 \cdot (5,04+1) \cdot 0,903} = 3,16; \\ B &= \sqrt{a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1) \cdot \sin \theta} = \\ &= \sqrt{3,67^2 + (5,04-1)^2 - 2 \cdot 3,67 \cdot (5,04-1) \cdot 0,903} = 1,74; \\ C &= \sqrt{1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (5,04^2 - 1) \cdot 0,43^2} = 2,35; \end{aligned}$$

Фактор облученности для вертикальной площадки:

$$\begin{aligned} F_V &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctan D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctan \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctan \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -0,91 \cdot \arctan(0,82) + 0,91 \cdot \left[\frac{3,67^2 + (5,04+1)^2 - 2 \cdot 5,04 \cdot (1 + 3,67 \cdot 0,903)}{3,16 \cdot 1,74} \right] \times \right. \\ &\times \arctan \left(\frac{3,16 \cdot 0,82}{1,74} \right) + \frac{0,43}{2,35} \cdot \left[\arctan \left(\frac{3,67 \cdot 5,04 - 4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35} \right) + \arctan \left(\frac{4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35} \right) \right] \Bigg\} = \\ &= 0,182. \end{aligned}$$

Фактор облученности для горизонтальной площадки:

$$\begin{aligned}
F_H &= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C} \cdot \left[\arctan\left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) + \arctan\left(\frac{F^2 \cdot \sin\theta}{F \cdot C}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1 + a \cdot \sin\theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctan\left(\frac{A \cdot D}{B}\right) \right\} = \\
&= \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctan\left(\frac{1}{0,82}\right) + \frac{0,903}{2,35} \cdot \left[\arctan\left(\frac{3,67 \cdot 5,04 - 4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35}\right) + \arctan\left(\frac{4,94^2 \cdot 0,903}{4,94 \cdot 2,35}\right) \right] - \right. \\
&\quad \left. - \left[\frac{3,67^2 + (5,04 + 1)^2 - 2 \cdot 5,04 \cdot (1 + 3,67 \cdot 0,903)}{3,16 \cdot 1,74} \right] \cdot \arctan\left(\frac{3,16 \cdot 0,82}{1,74}\right) \right\} = \\
&= 0,345.
\end{aligned}$$

Угловой коэффициент облученности: $F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{0,182^2 + 0,345^2} = 0,39$.

Коэффициент пропускания атмосферы:

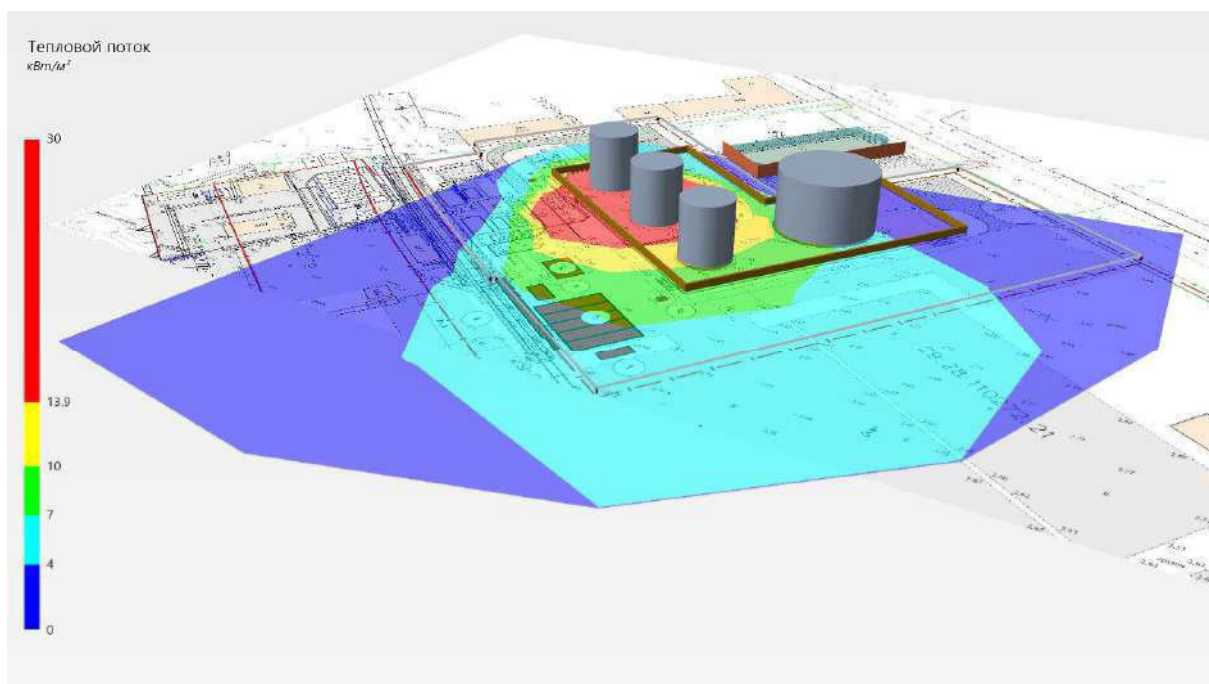
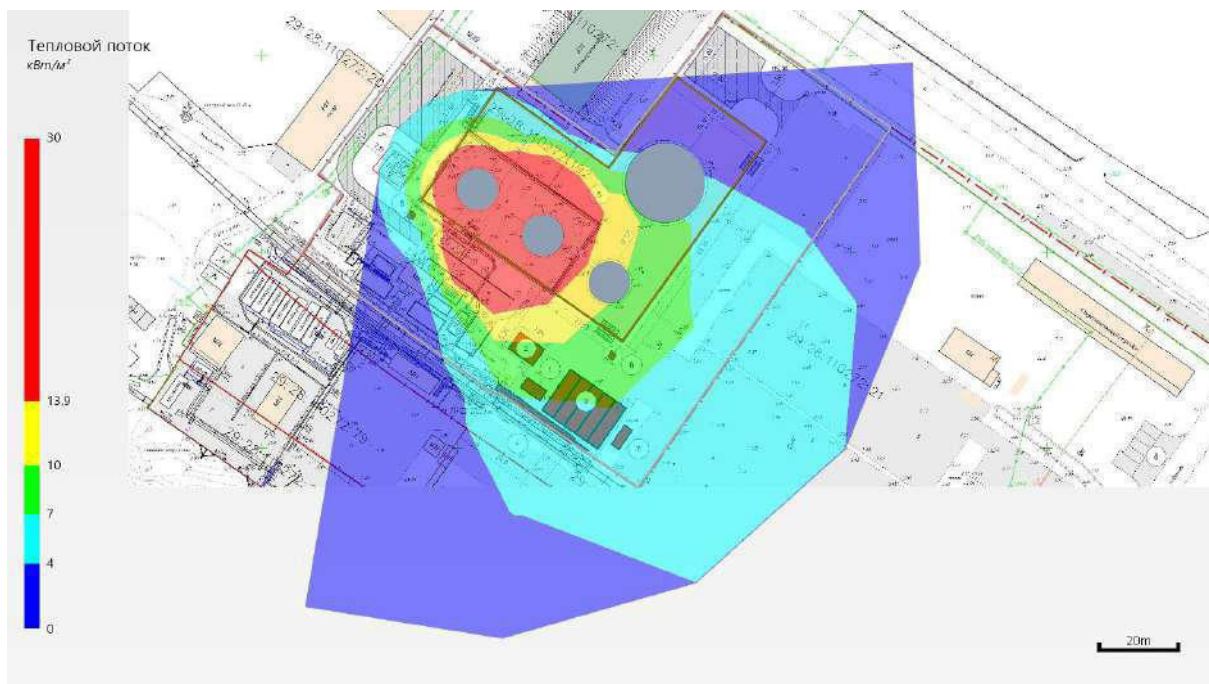
$$\tau = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)) = \exp(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (26,5 - 0,5 \cdot 10,5)) = 0,985.$$

Среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени:

$$\begin{aligned}
E_f &= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot d}) = \\
&= 140 \cdot e^{-0,12 \cdot 10,5} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot 10,5}) = 54 \text{ кВт/м}^2.
\end{aligned}$$

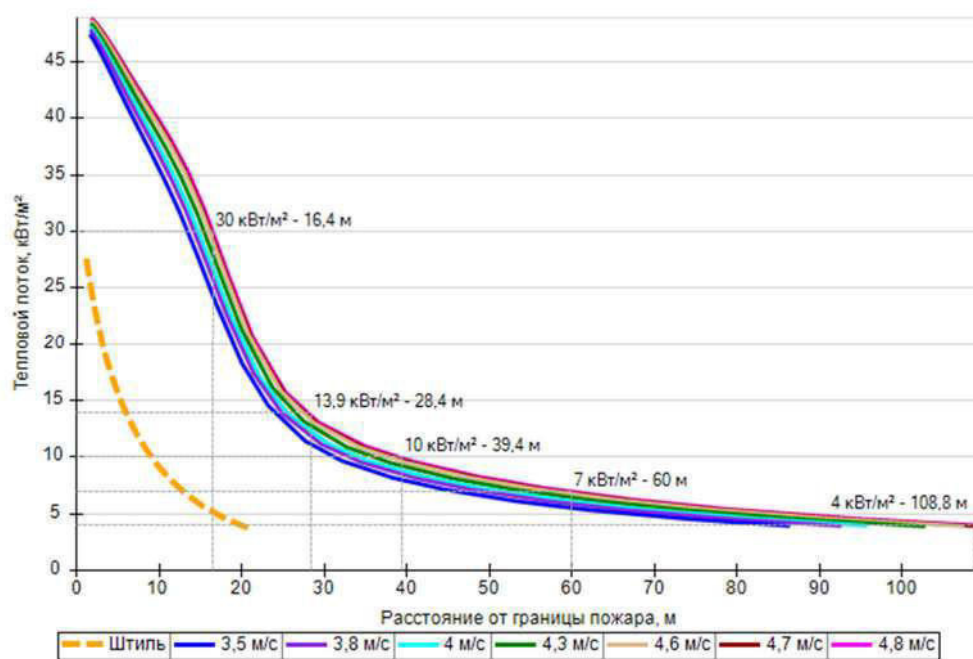
Интенсивность теплового излучения: $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 54 \cdot 0,39 \cdot 0,985 = 20,76 \text{ кВт/м}^2$.

Аналогично были получены величины плотности теплового потока на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин теплового потока

На графике ниже представлены зависимости теплового потока от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений теплового потока при различной силе ветра

6. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей

6.1. РВС_01

6.1.1. Разгерметизация 25 мм

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 5,3$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $11,6$ кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 23,9 - 5,3 = 18,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{18,6}{5} = 8,7 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(8,7 \cdot 11,6^{4/3}) = 1,112.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,112-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,00005.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8$ м/с.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 18$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $21,07$ кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 92,6 - 18 = 74,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{74,6}{5} = 19,9 \text{ с.}$$

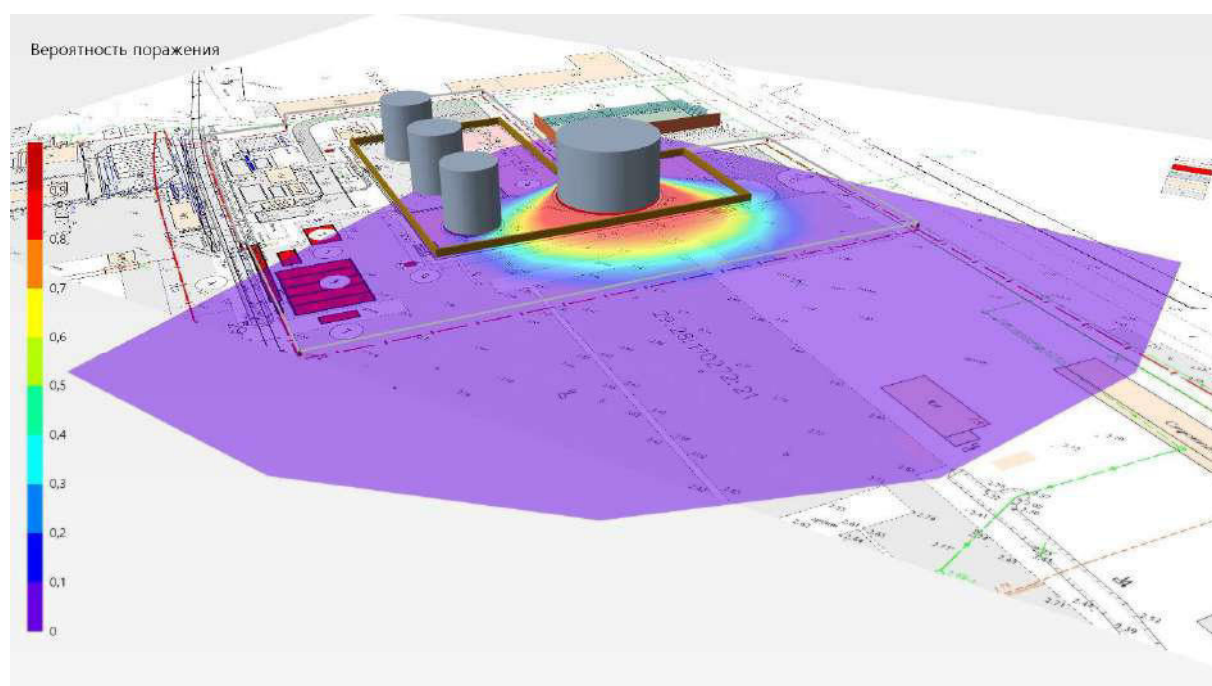
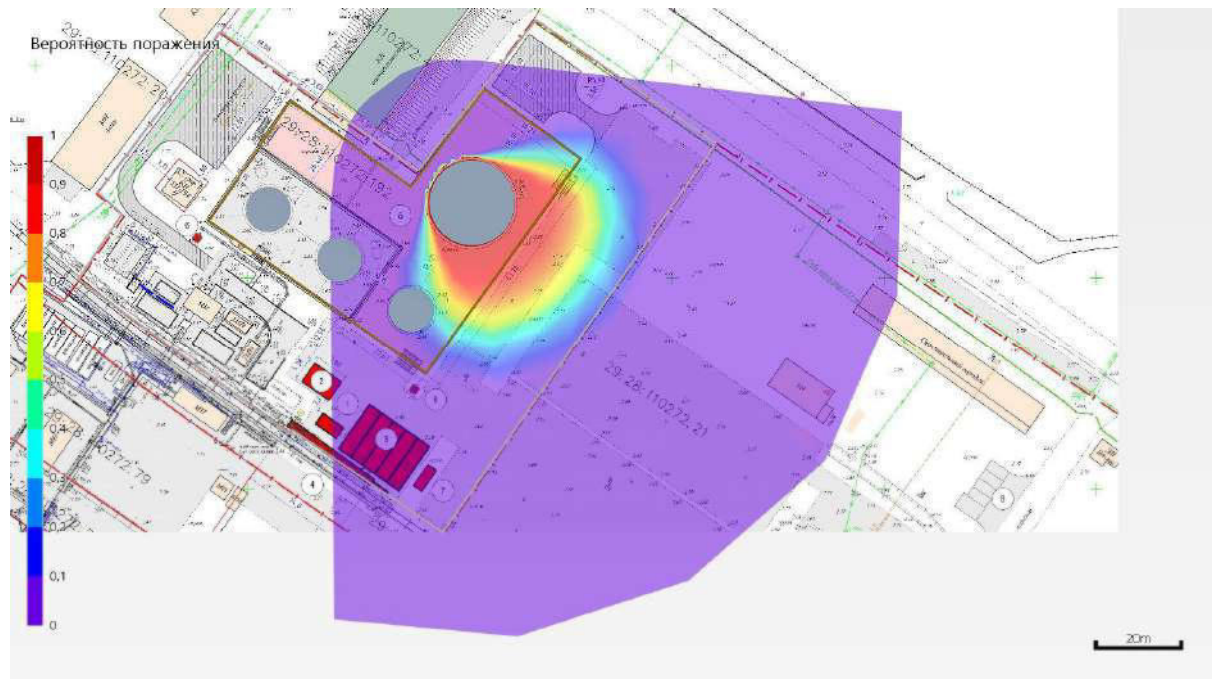
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(19,9 \cdot 21,07^{4/3}) = 5,261.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

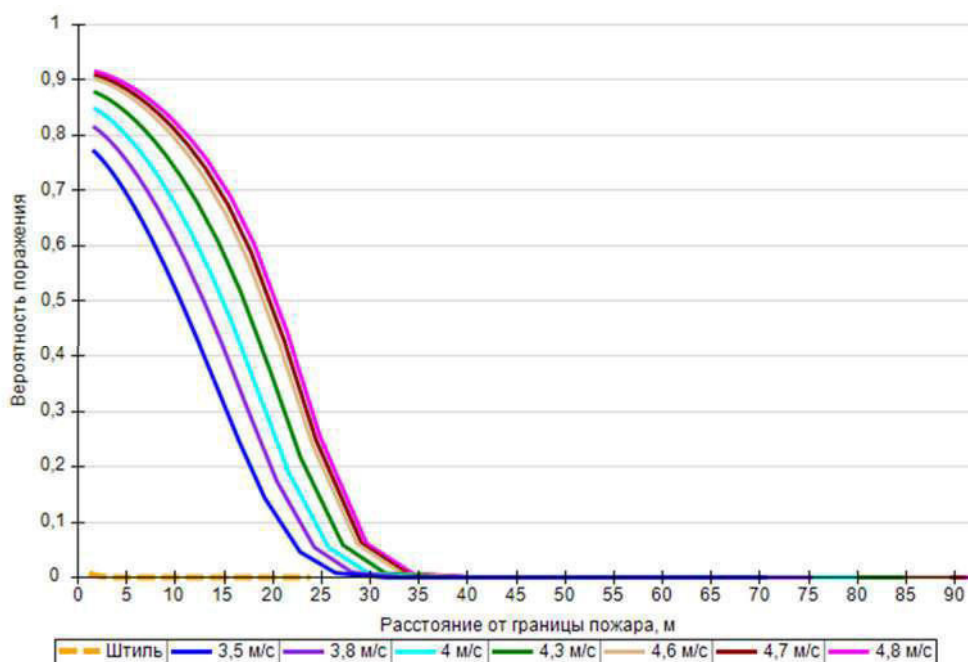
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,261-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,603405.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.1.2. Разгерметизация 100 мм

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 8,4$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $9,51 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 41,1 - 8,4 = 32,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{32,6}{5} = 11,5 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(11,5 \cdot 9,51^{4/3}) = 1,145.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,145-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,000057.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 22,1$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 15,83 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 114,5 - 22,1 = 92,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{92,4}{5} = 23,5 \text{ с.}$$

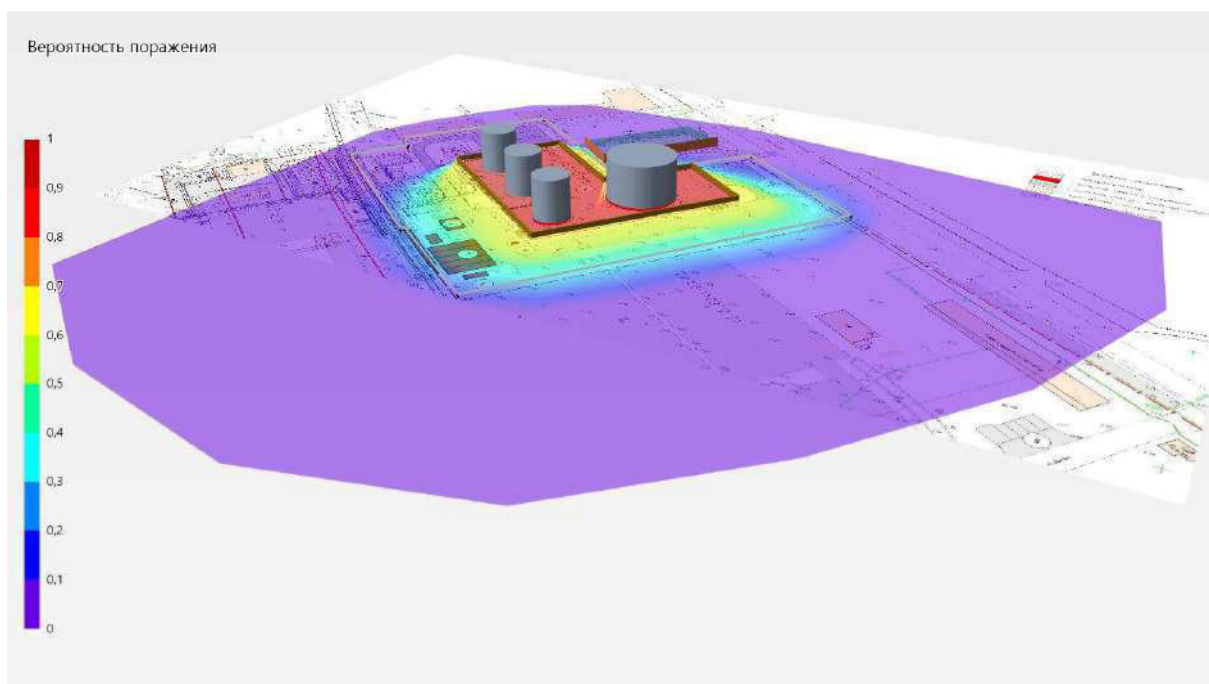
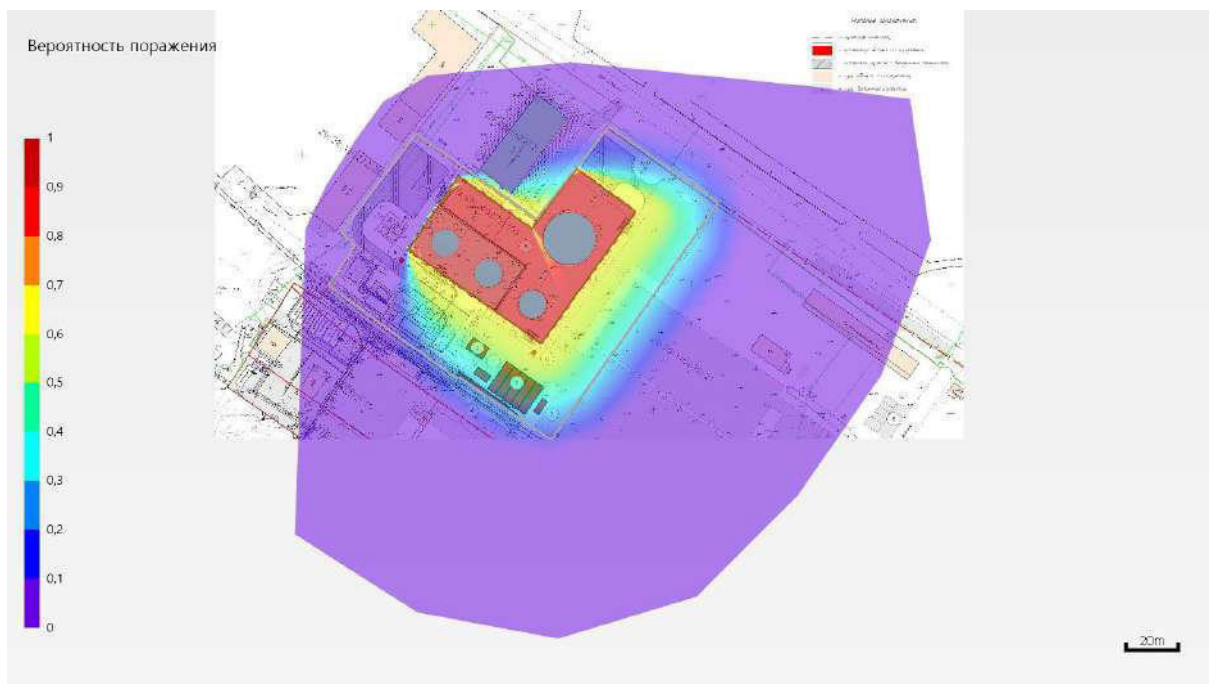
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(23,5 \cdot 15,83^{4/3}) = 4,707.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

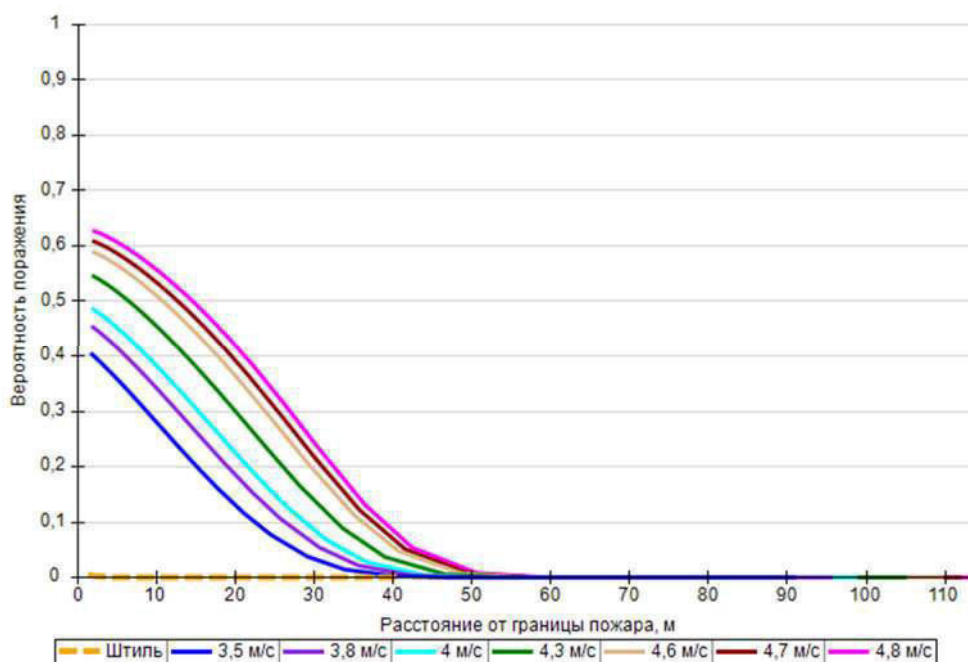
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,707-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,384352.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.1.3. Разрушение

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 20,8$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $10,01 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 107,5 - 20,8 = 86,7 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{86,7}{5} = 22,3 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(22,3 \cdot 10,01^{4/3}) = 3,013.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{3,013-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,023354.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 39$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 14,58 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 205,1 - 39 = 166,2 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{166,2}{5} = 38,2 \text{ с.}$$

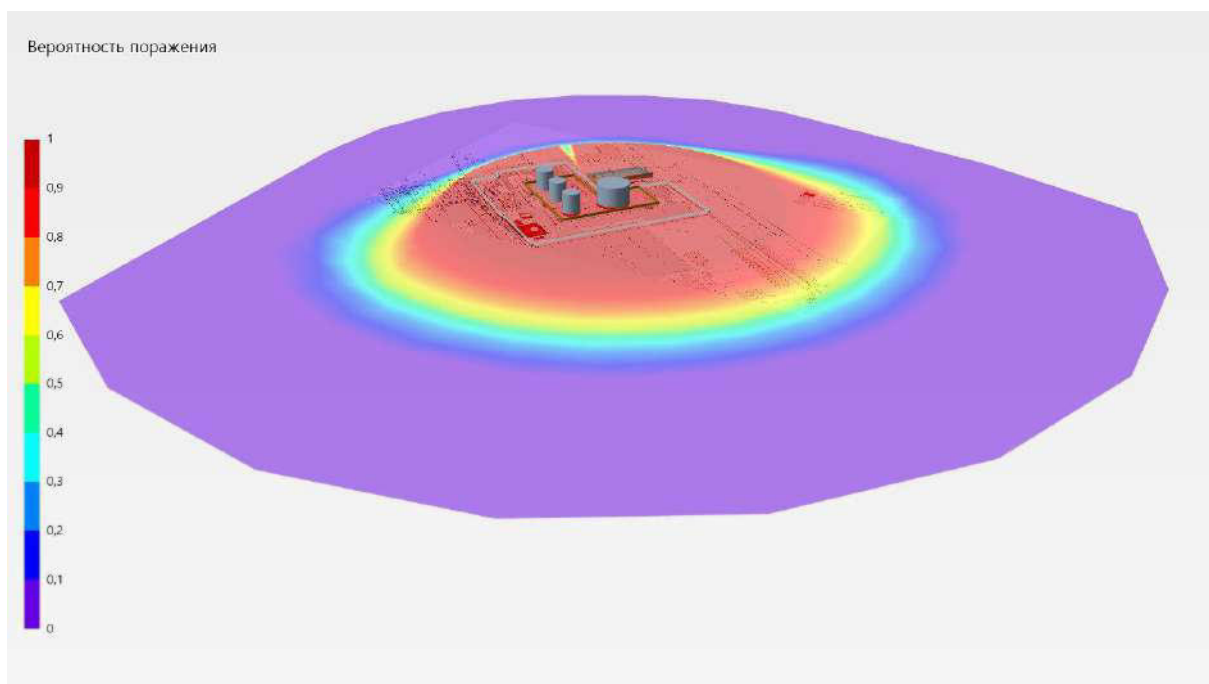
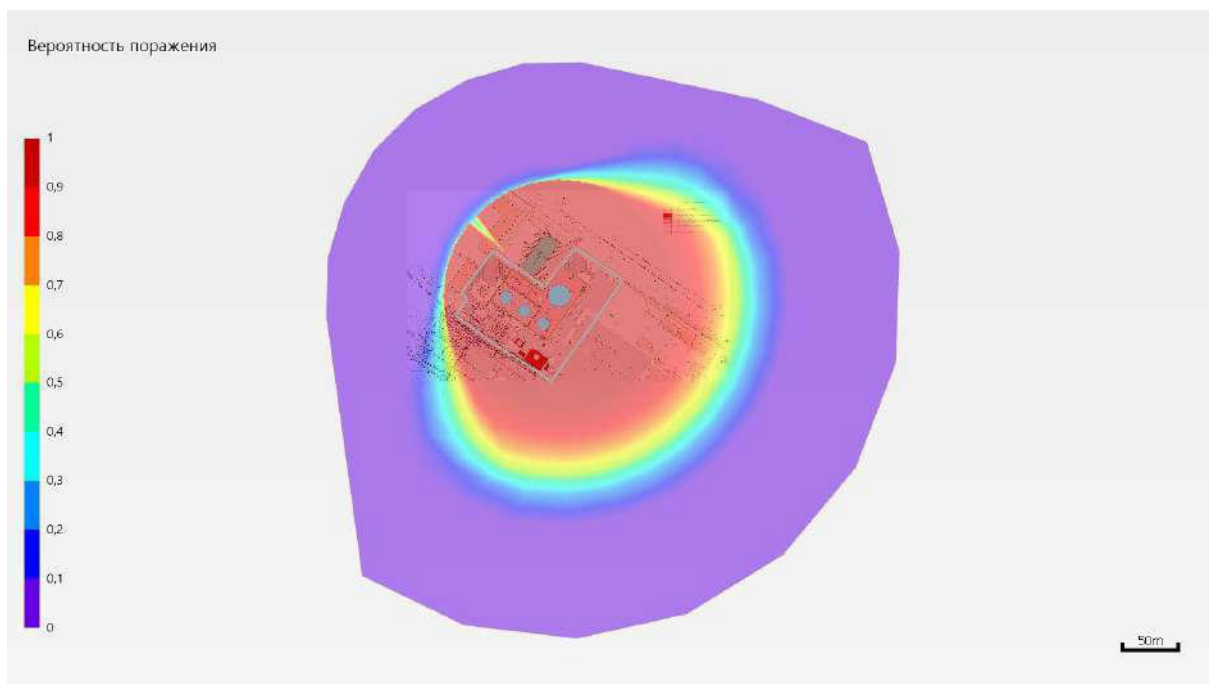
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(38,2 \cdot 14,58^{4/3}) = 5,674.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

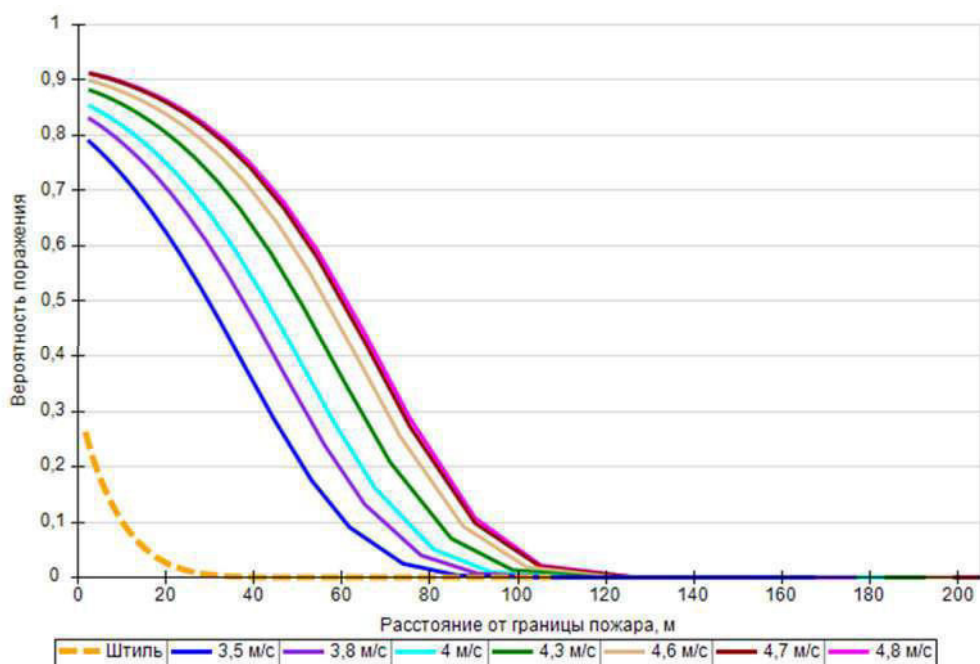
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,674-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,750414.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.1.4. Пожар на дыхательной арматуре

Пожар на дыхательной арматуре

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 2,7$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $18,27 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 10,4 - 2,7 = 7,7 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{7,7}{5} = 6,5 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(6,5 \cdot 18,27^{4/3}) = 1,92.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,92-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,001029.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 15,7$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $17,67 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 80,1 - 15,7 = 64,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{64,4}{5} = 17,9 \text{ с.}$$

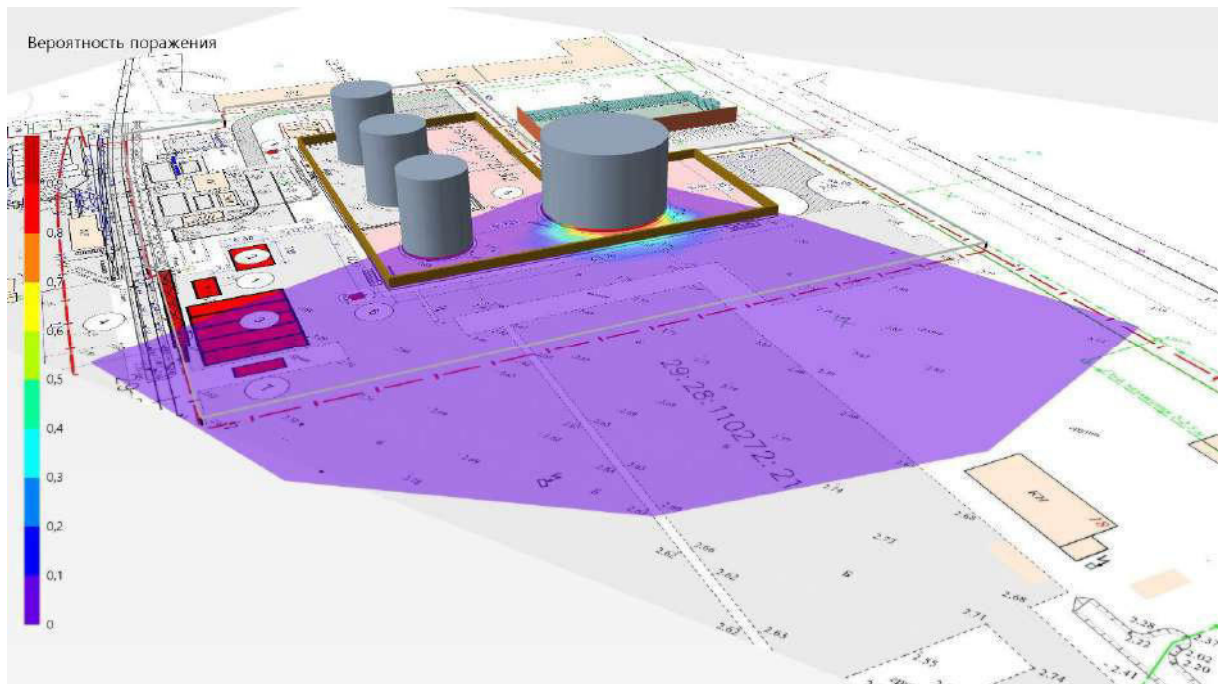
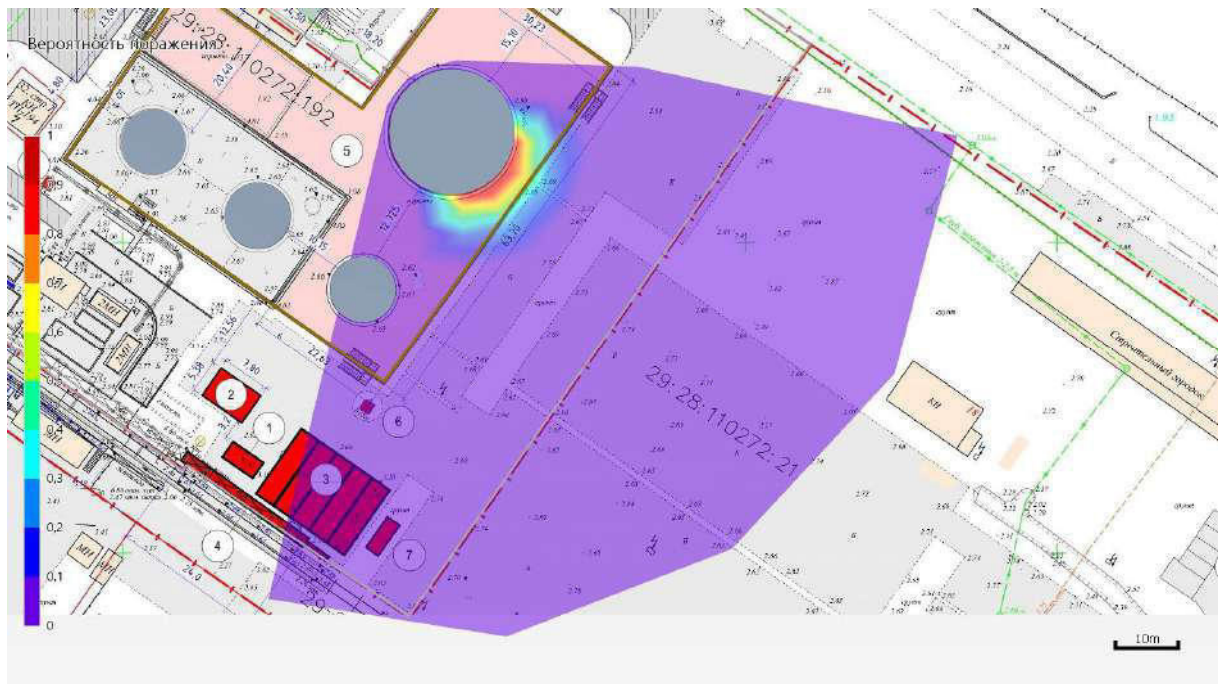
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(17,9 \cdot 17,67^{4/3}) = 4,384.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

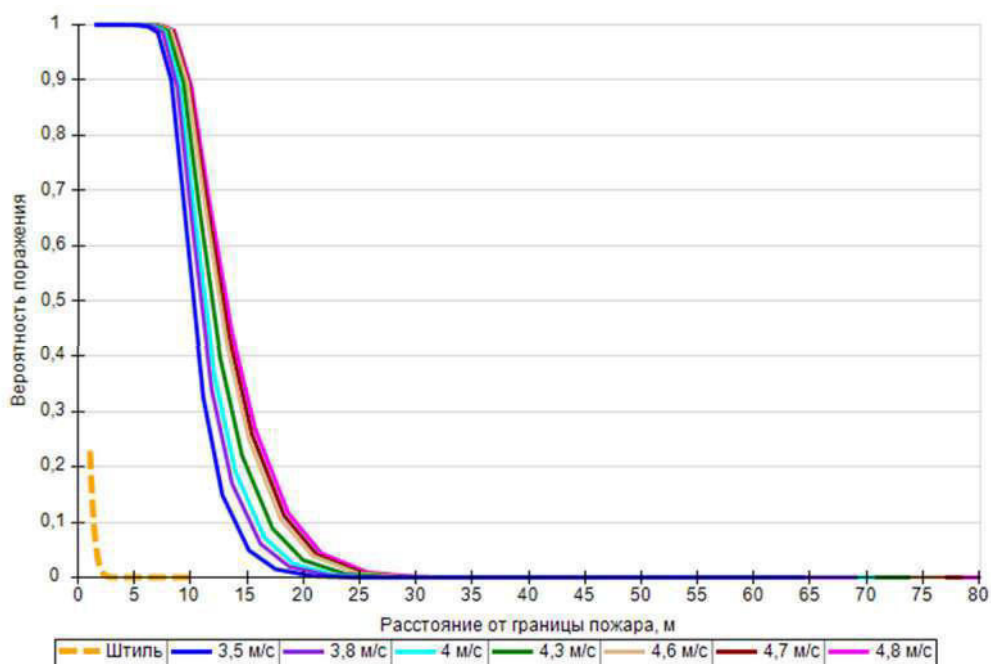
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,384-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,268656.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.1.5. Пожар по всей поверхности

Пожар по всей поверхности

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 5,3$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $11,92 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 23,9 - 5,3 = 18,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{18,6}{5} = 8,7 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(8,7 \cdot 11,92^{4/3}) = 1,204.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,204-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,000073.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 18,6$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $21,46 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 95,8 - 18,6 = 77,1 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{77,1}{5} = 20,4 \text{ с.}$$

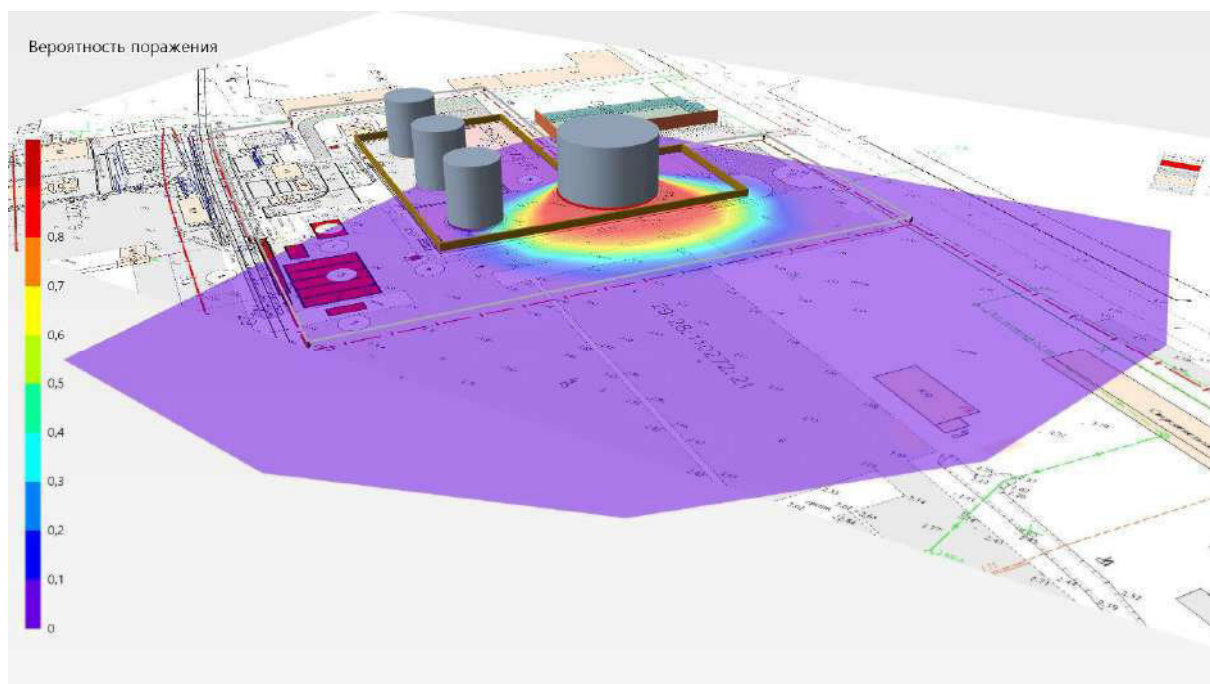
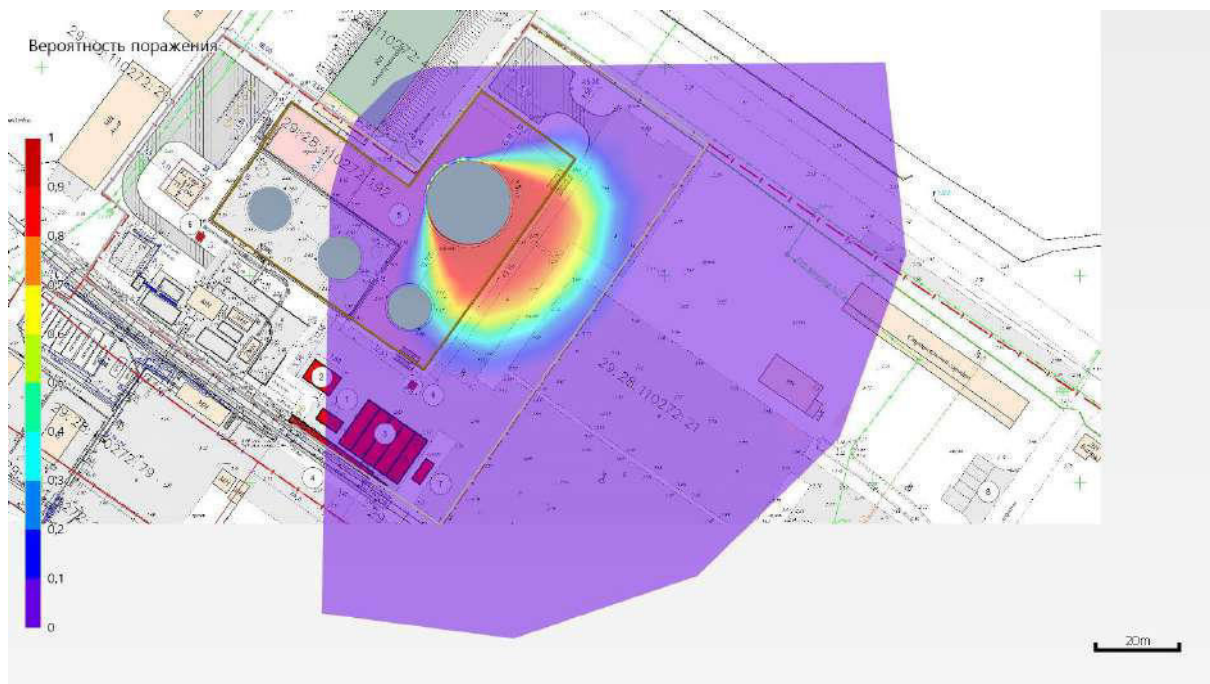
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(20,4 \cdot 21,46^{4/3}) = 5,389.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

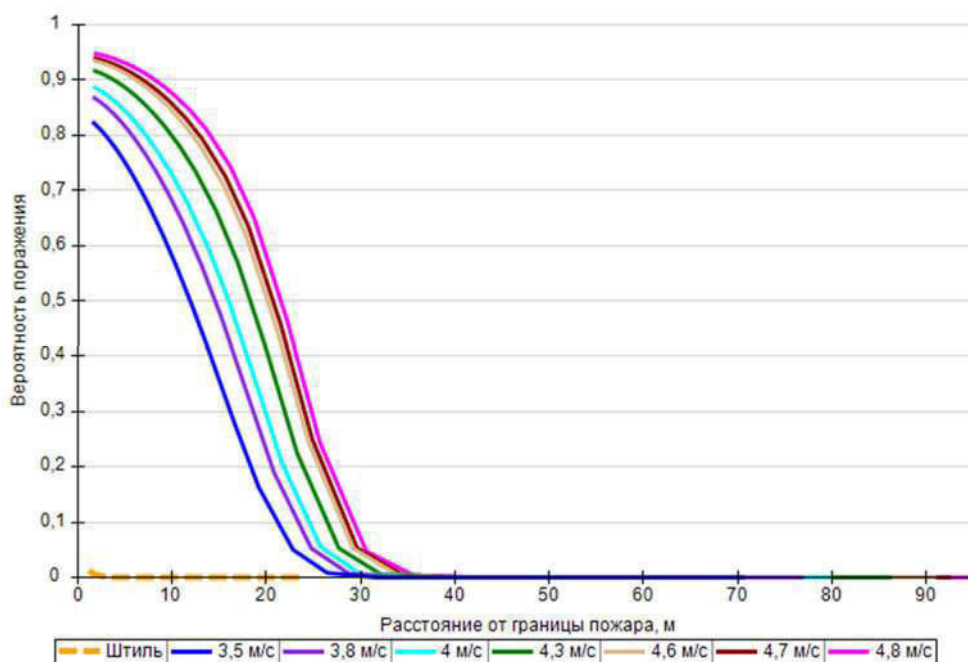
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,389-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,651715.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.2. PBC_02

6.2.1. Разгерметизация 25 мм

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 5,3$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $11,6 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 23,9 - 5,3 = 18,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{18,6}{5} = 8,7 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(8,7 \cdot 11,6^{4/3}) = 1,112.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,112-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,00005.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 18$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $21,07 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 92,6 - 18 = 74,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{74,6}{5} = 19,9 \text{ с.}$$

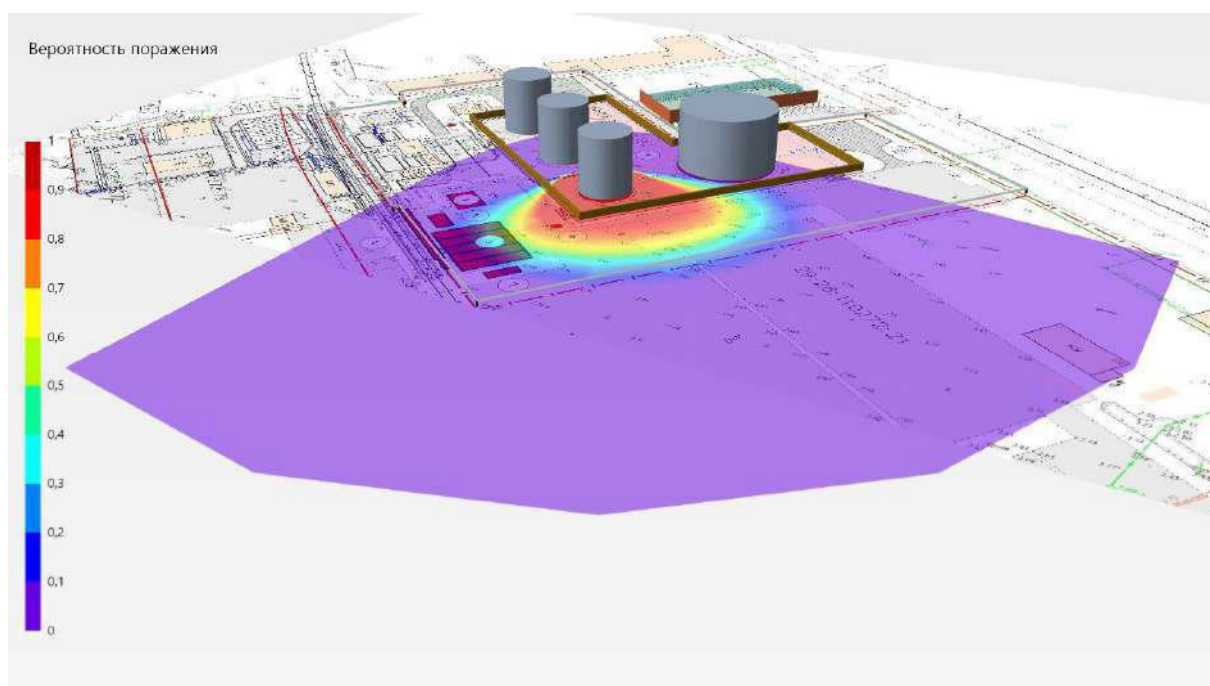
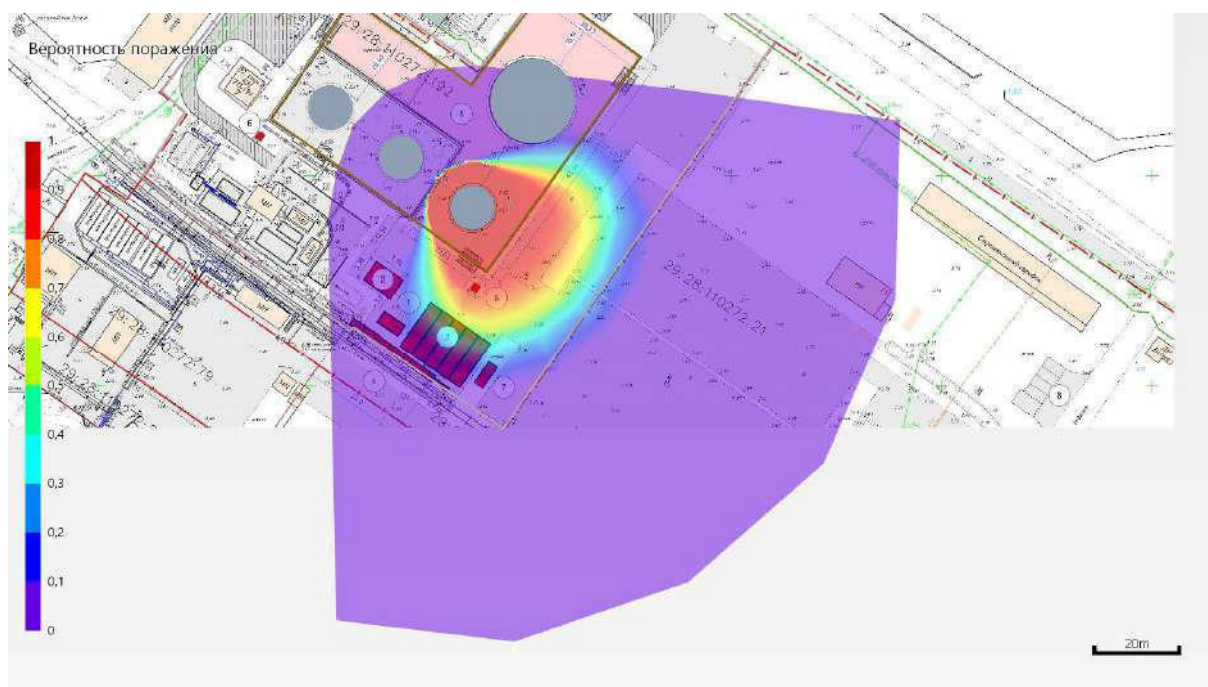
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(19,9 \cdot 21,07^{4/3}) = 5,261.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

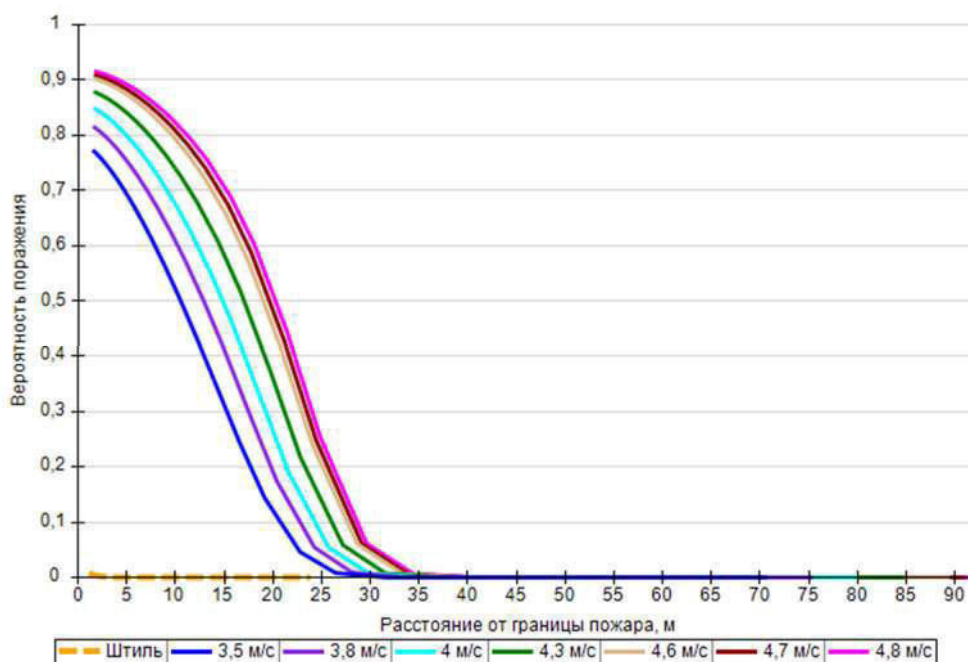
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,261-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,603405.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.2.2. Разгерметизация 100 мм

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 8,4$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $9,51 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 41,1 - 8,4 = 32,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{32,6}{5} = 11,5 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(11,5 \cdot 9,51^{4/3}) = 1,145.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,145-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,000057.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 22,1$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 15,83 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 114,5 - 22,1 = 92,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{92,4}{5} = 23,5 \text{ с.}$$

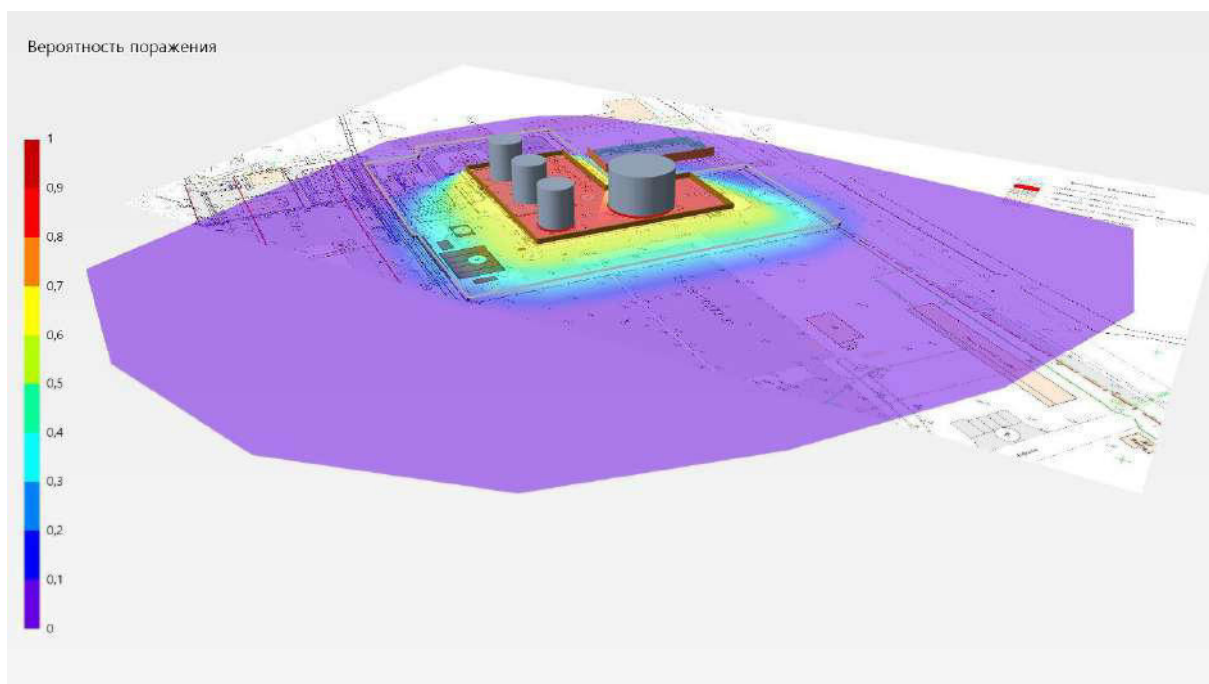
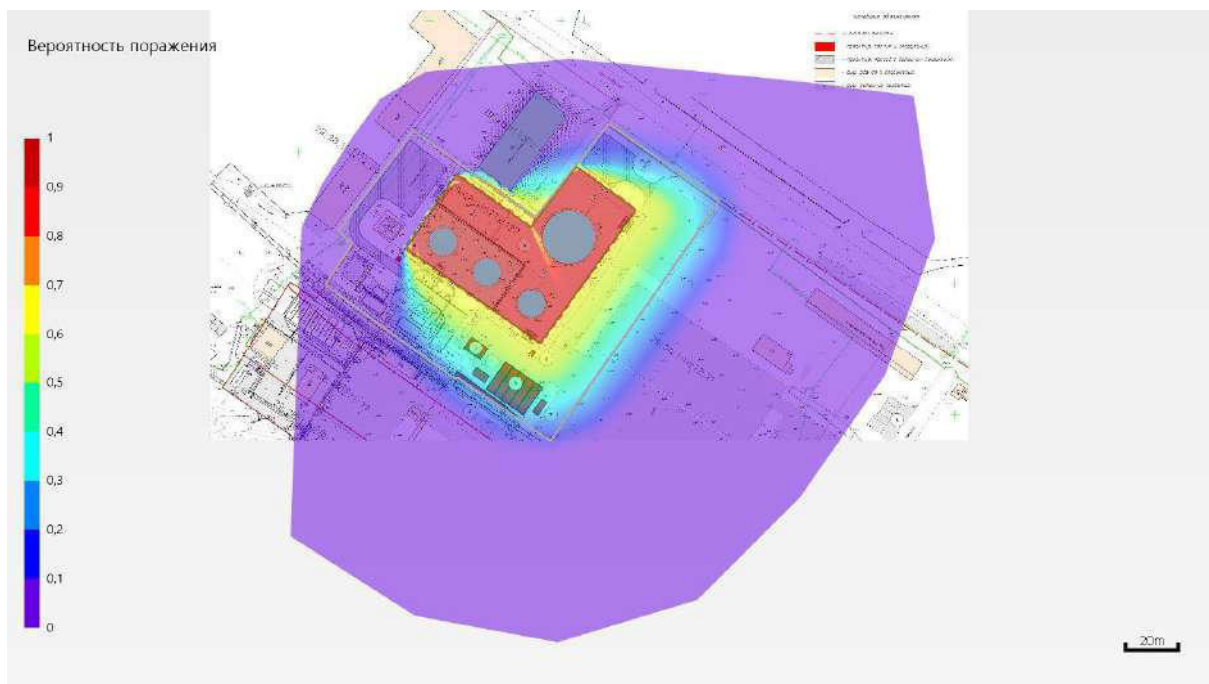
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(23,5 \cdot 15,83^{4/3}) = 4,707.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

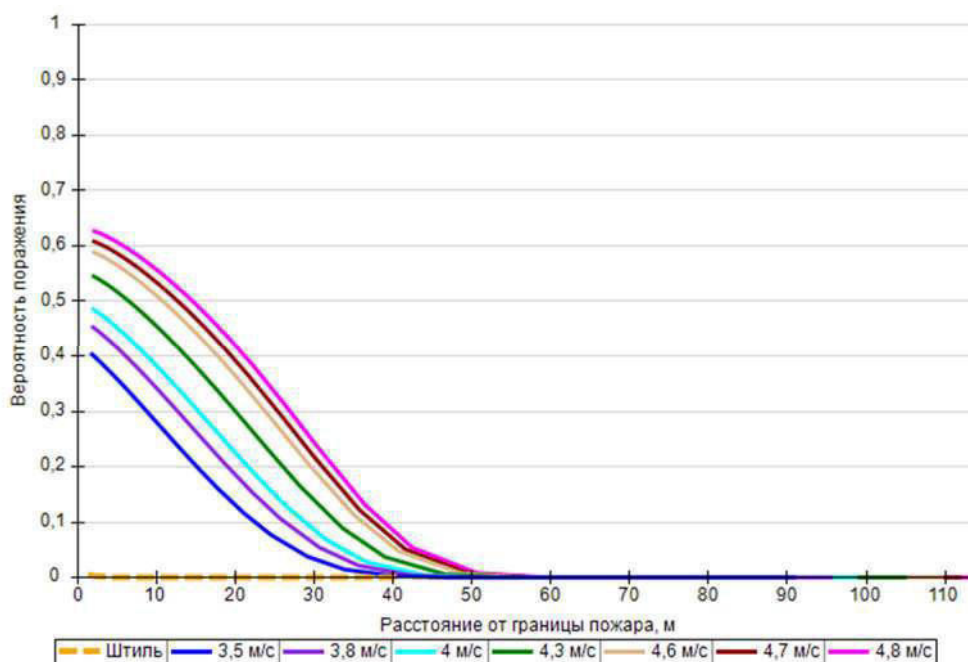
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,707-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,384352.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.2.3. Разрушение

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 14,5$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $9,85 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 73,9 - 14,5 = 59,3 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{59,3}{5} = 16,9 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(16,9 \cdot 9,85^{4/3}) = 2,239.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{2,239-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,002871.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 31,4$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 15,14 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 164,5 - 31,4 = 133,1 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{133,1}{5} = 31,6 \text{ с.}$$

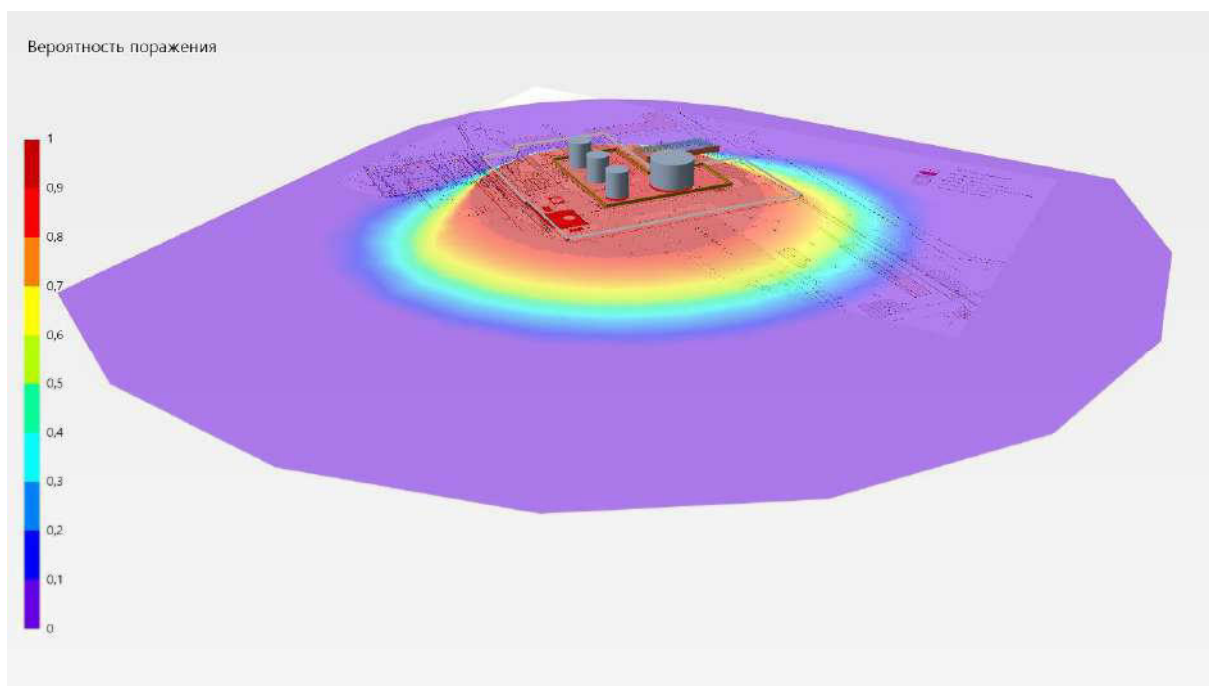
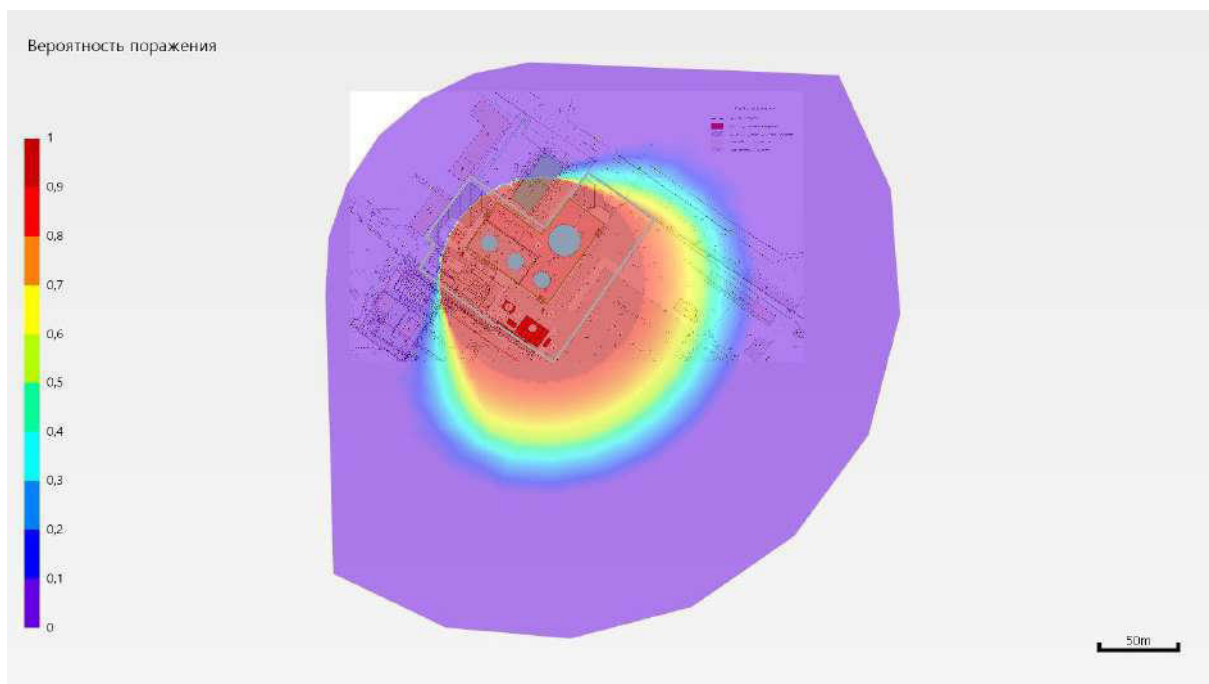
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(31,6 \cdot 15,14^{4/3}) = 5,316.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

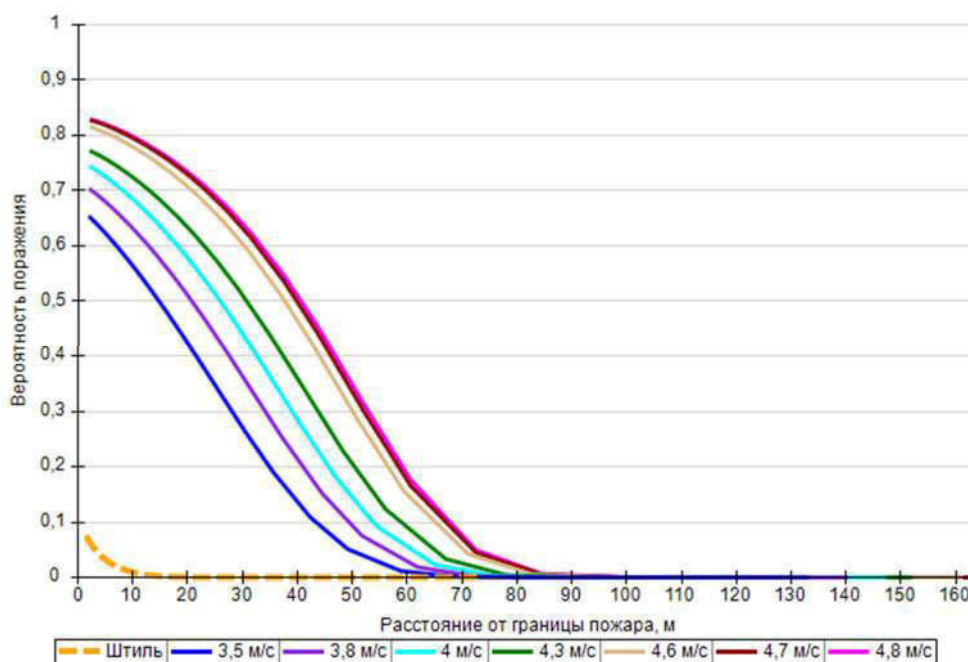
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,316-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,624436.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.2.4. Пожар на дыхательной арматуре

Пожар на дыхательной арматуре

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 2,7$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $18,27 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 10,4 - 2,7 = 7,7 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{7,7}{5} = 6,5 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(6,5 \cdot 18,27^{4/3}) = 1,92.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,92-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,001029.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 15,7$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $17,67 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 80,1 - 15,7 = 64,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{64,4}{5} = 17,9 \text{ с.}$$

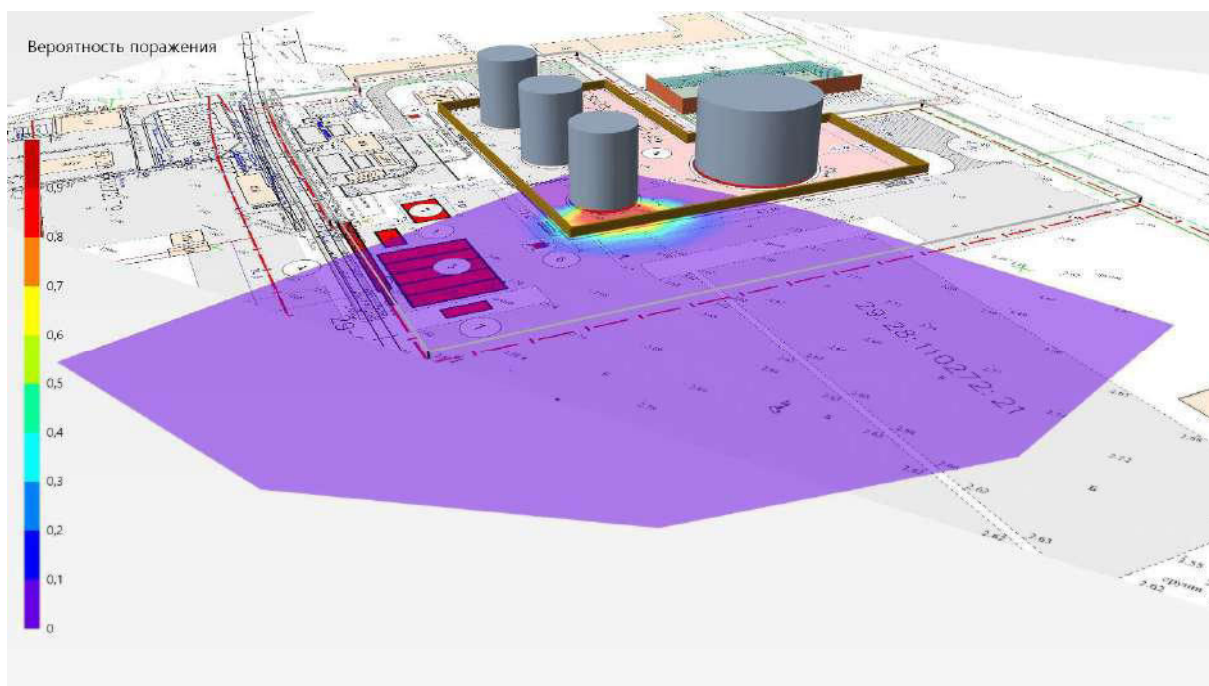
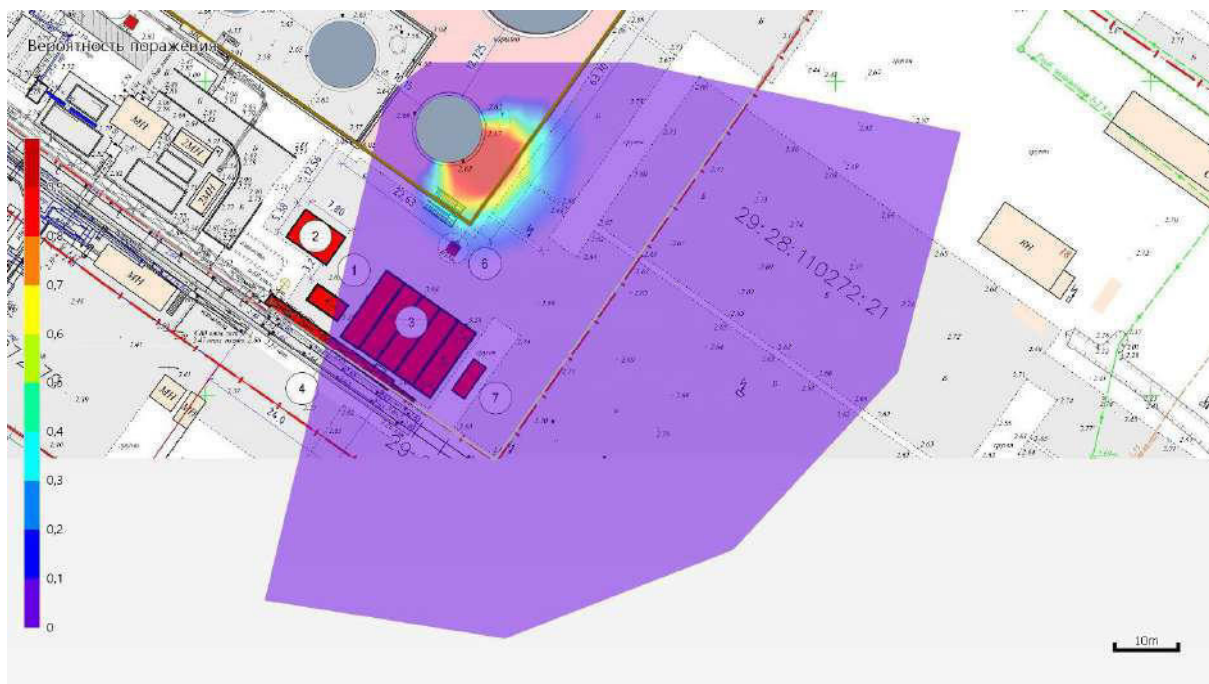
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(17,9 \cdot 17,67^{4/3}) = 4,384.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

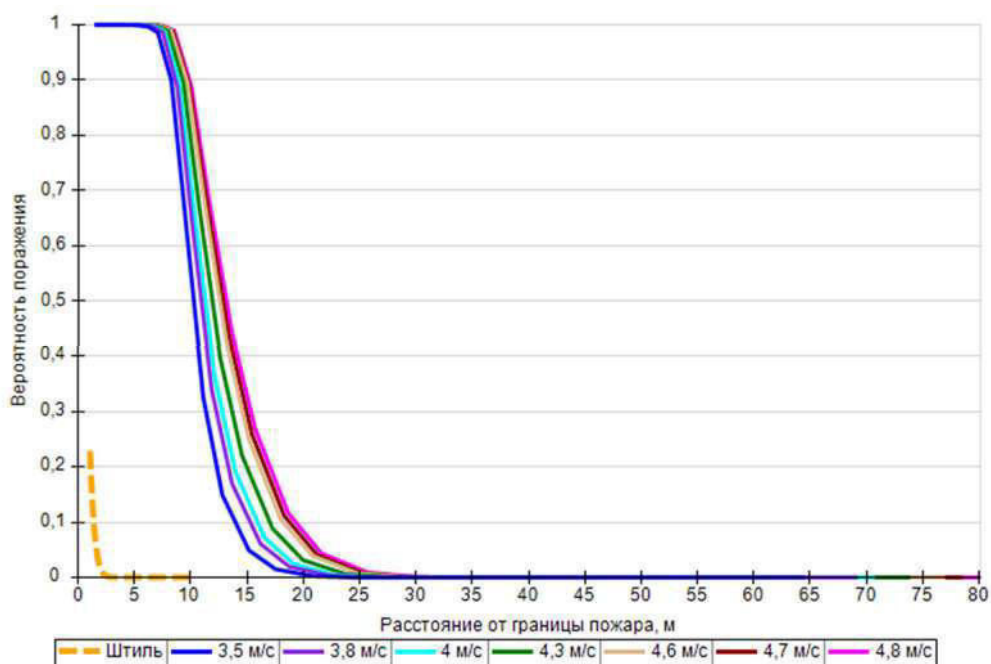
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,384-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,268656.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.2.5. Пожар по всей поверхности

Пожар по всей поверхности

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 4,7$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $16,16 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 21,1 - 4,7 = 16,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{16,4}{5} = 8,3 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(8,3 \cdot 16,16^{4/3}) = 2,11.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{2,11-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,001915.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 21,2$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 20,76 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 109,8 - 21,2 = 88,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{88,6}{5} = 22,7 \text{ с.}$$

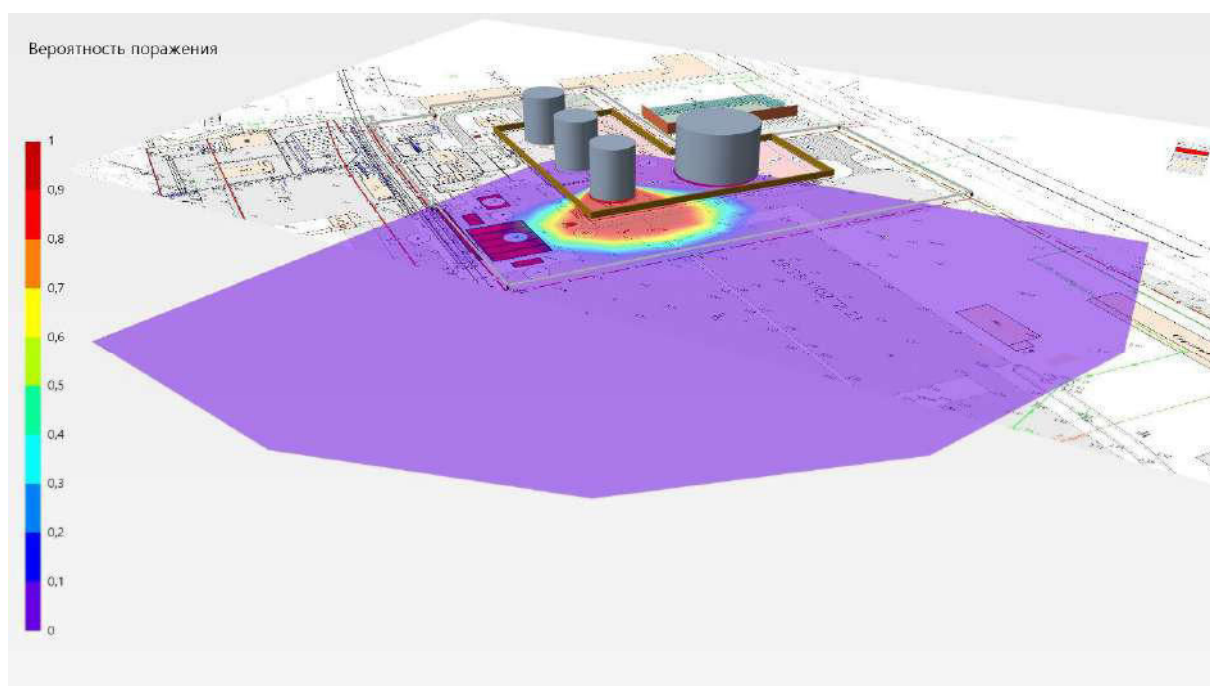
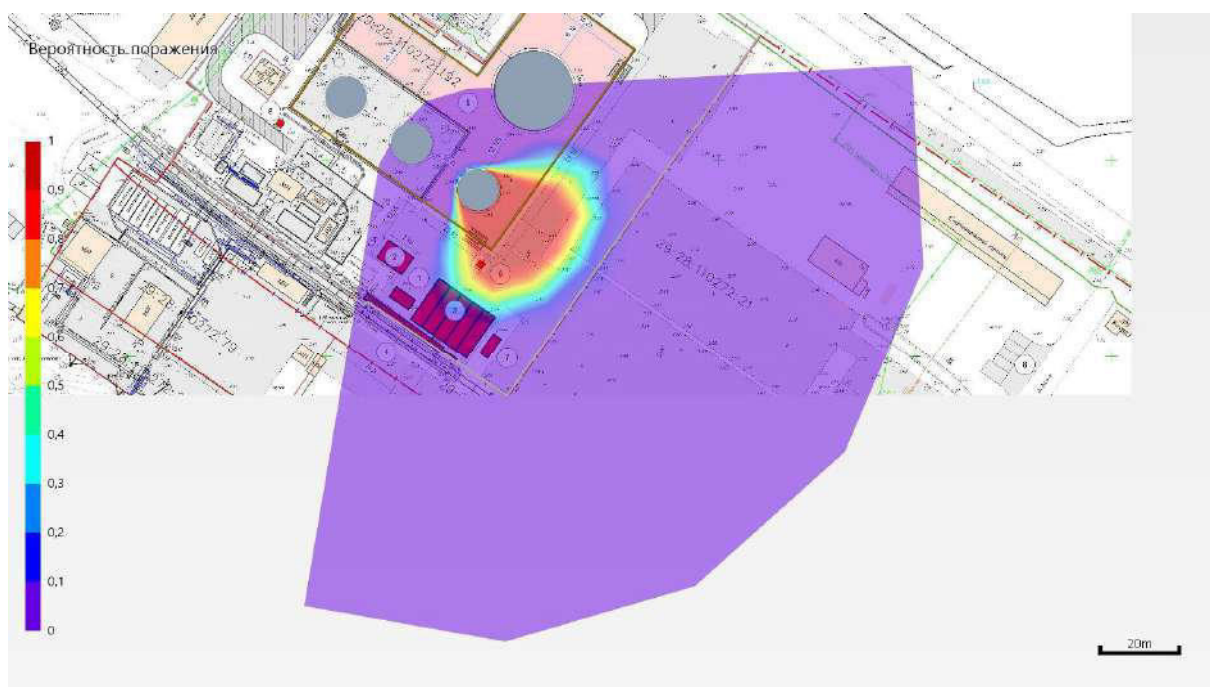
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(22,7 \cdot 20,76^{4/3}) = 5,548.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

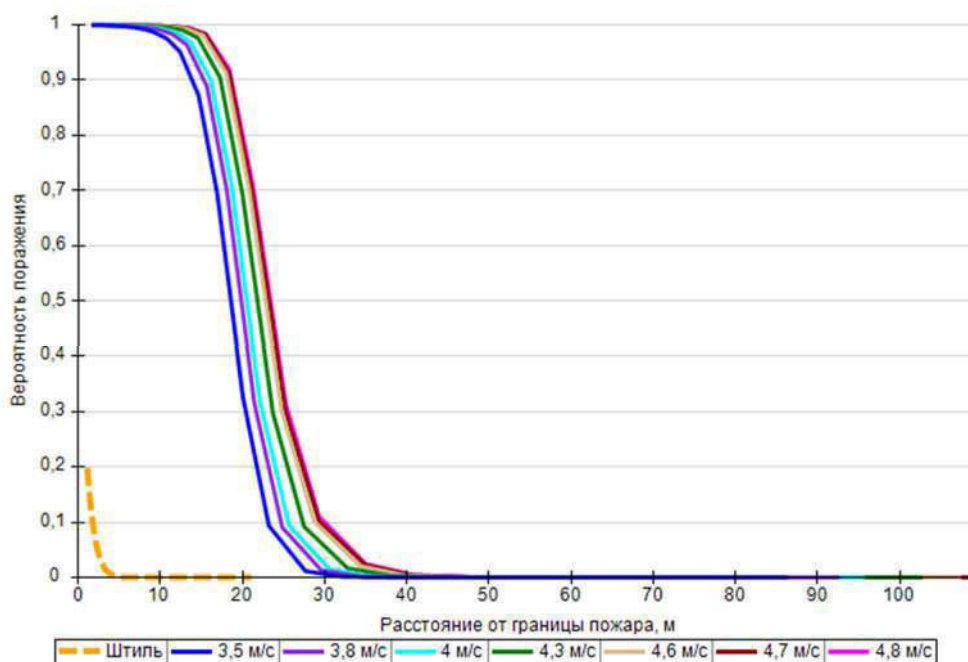
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,548-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,708652.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.3. PBC_03

6.3.1. Разгерметизация 25 мм

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 5,3$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $11,6 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 23,9 - 5,3 = 18,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{18,6}{5} = 8,7 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(8,7 \cdot 11,6^{4/3}) = 1,112.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,112-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,00005.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 18$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $21,07 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 92,6 - 18 = 74,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{74,6}{5} = 19,9 \text{ с.}$$

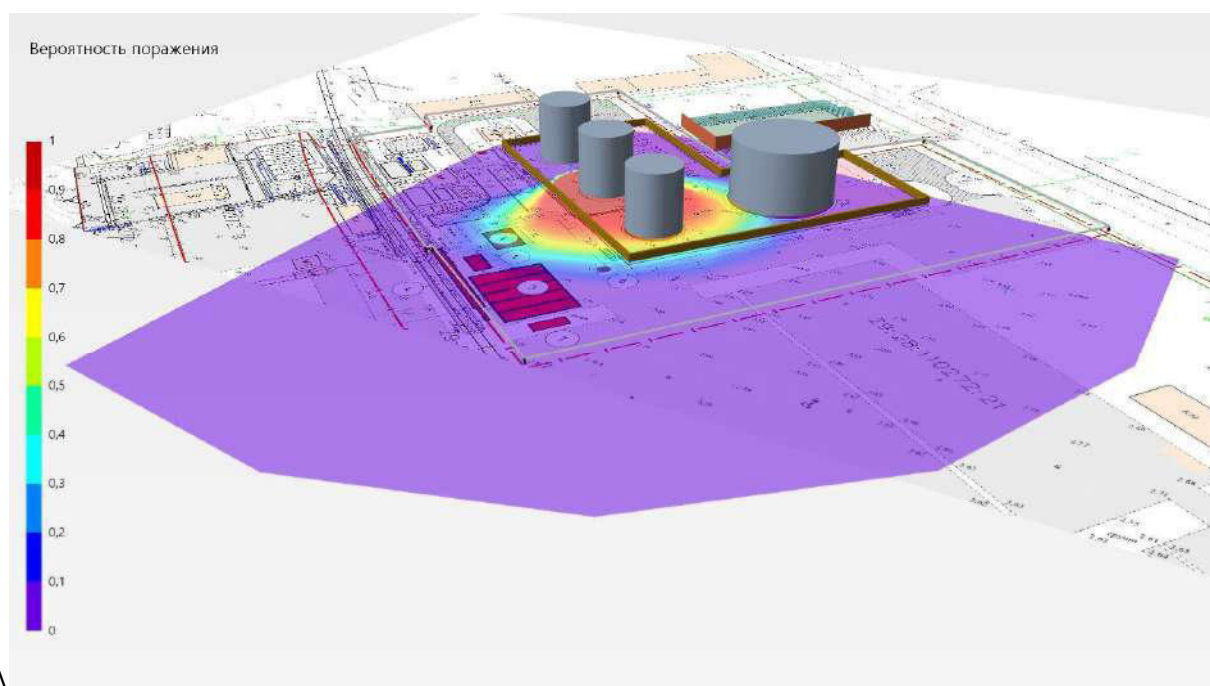
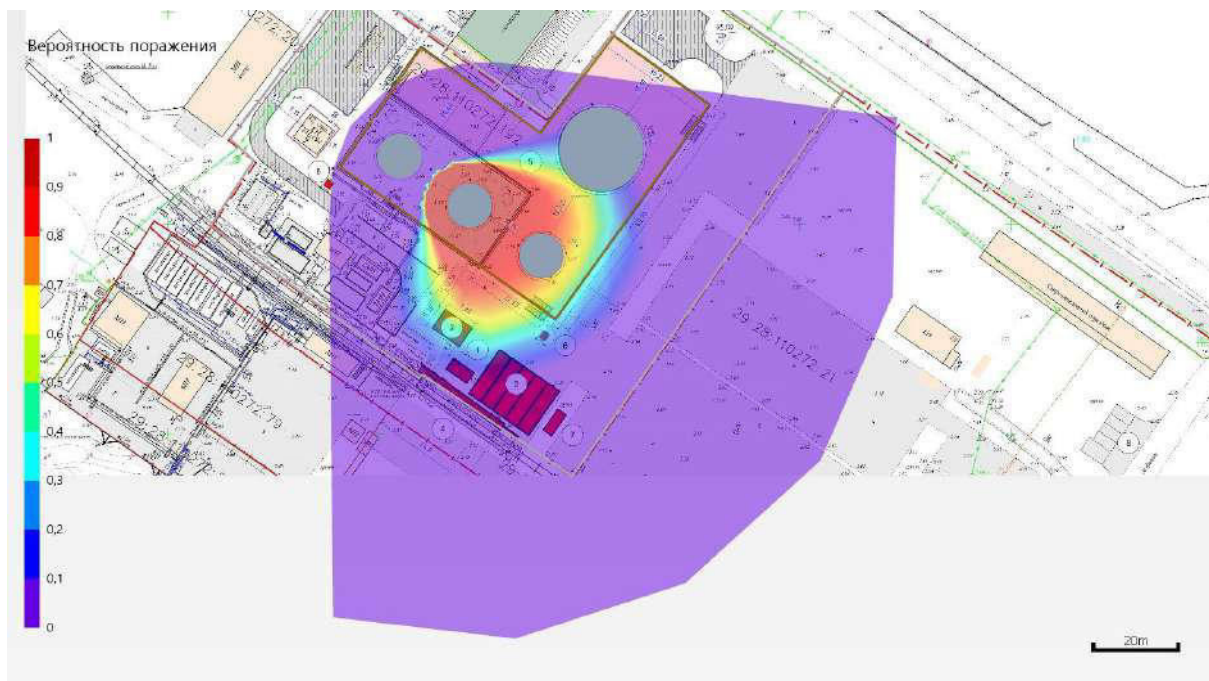
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(19,9 \cdot 21,07^{4/3}) = 5,261.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,261-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,603405.$$

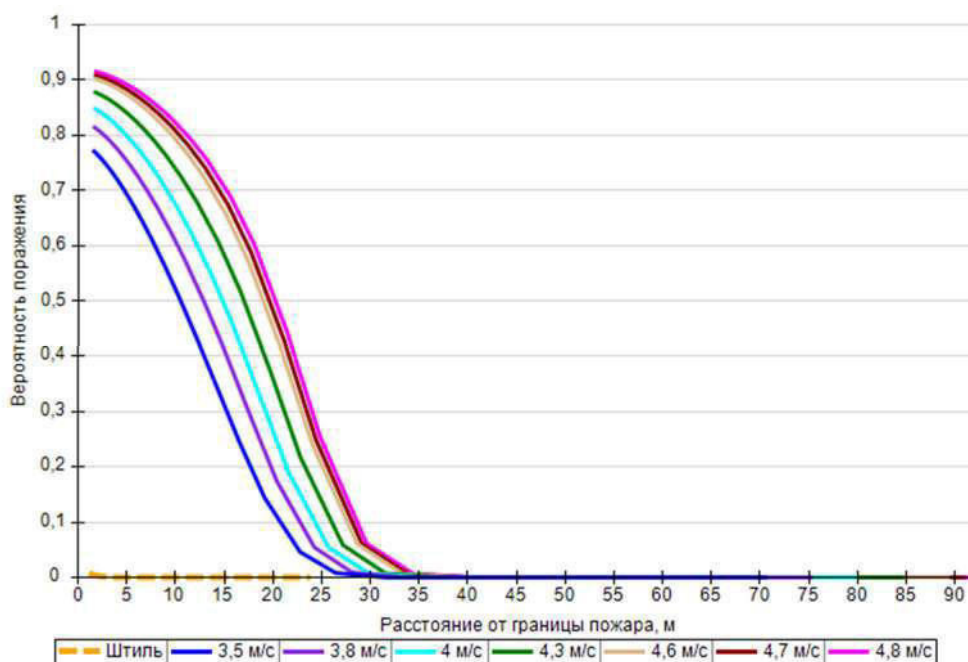
Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



\

Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.3.2. Разгерметизация 100 мм

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 8,4$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $9,51 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 41,1 - 8,4 = 32,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{32,6}{5} = 11,5 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(11,5 \cdot 9,51^{4/3}) = 1,145.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,145-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,000057.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 22,1$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 15,83 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 114,5 - 22,1 = 92,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{92,4}{5} = 23,5 \text{ с.}$$

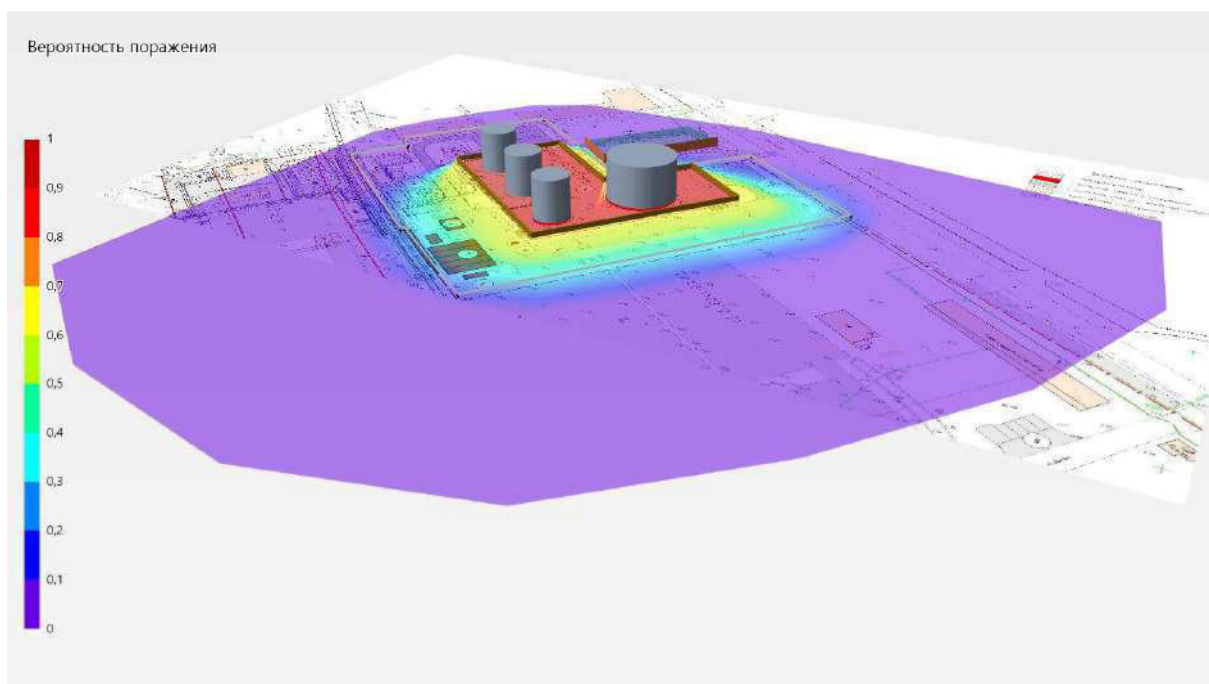
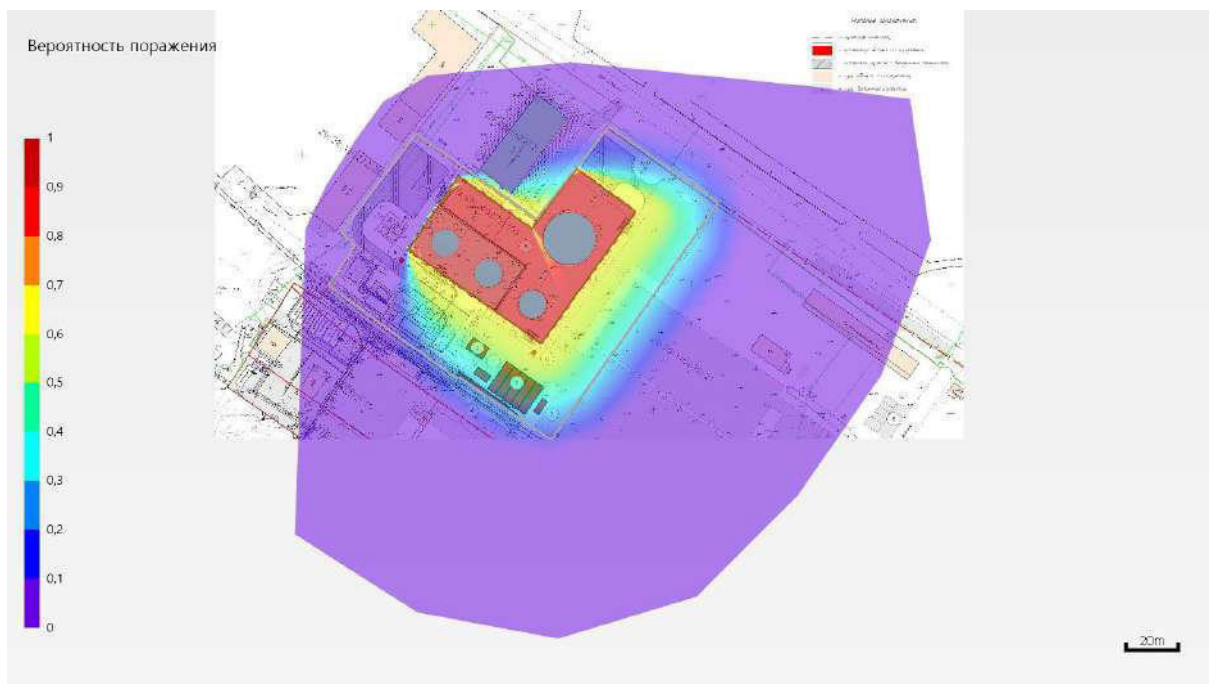
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(23,5 \cdot 15,83^{4/3}) = 4,707.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

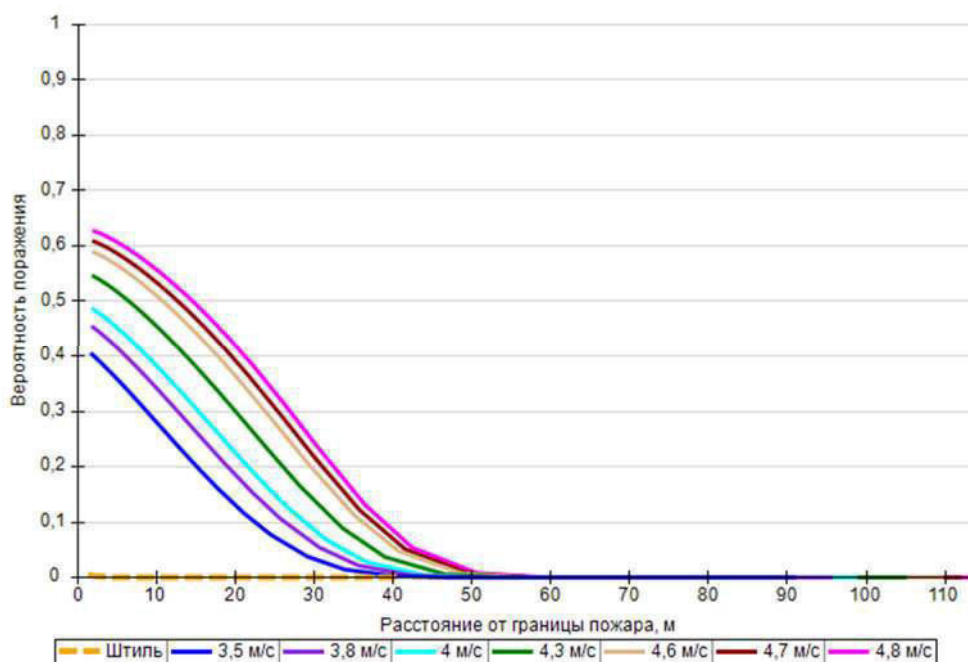
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,707-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,384352.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.3.3. Разрушение

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 14,5$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $9,85 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 73,9 - 14,5 = 59,3 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{59,3}{5} = 16,9 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(16,9 \cdot 9,85^{4/3}) = 2,239.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{2,239-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,002871.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 31,4$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $15,14 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 164,5 - 31,4 = 133,1 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{133,1}{5} = 31,6 \text{ с.}$$

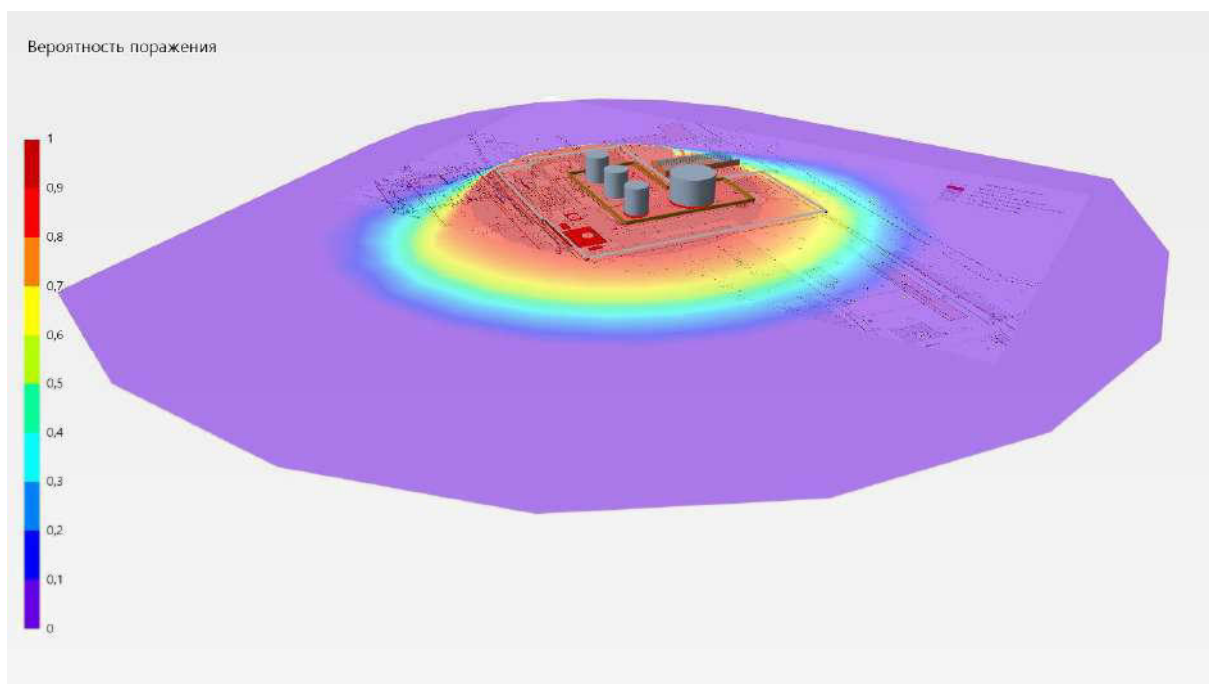
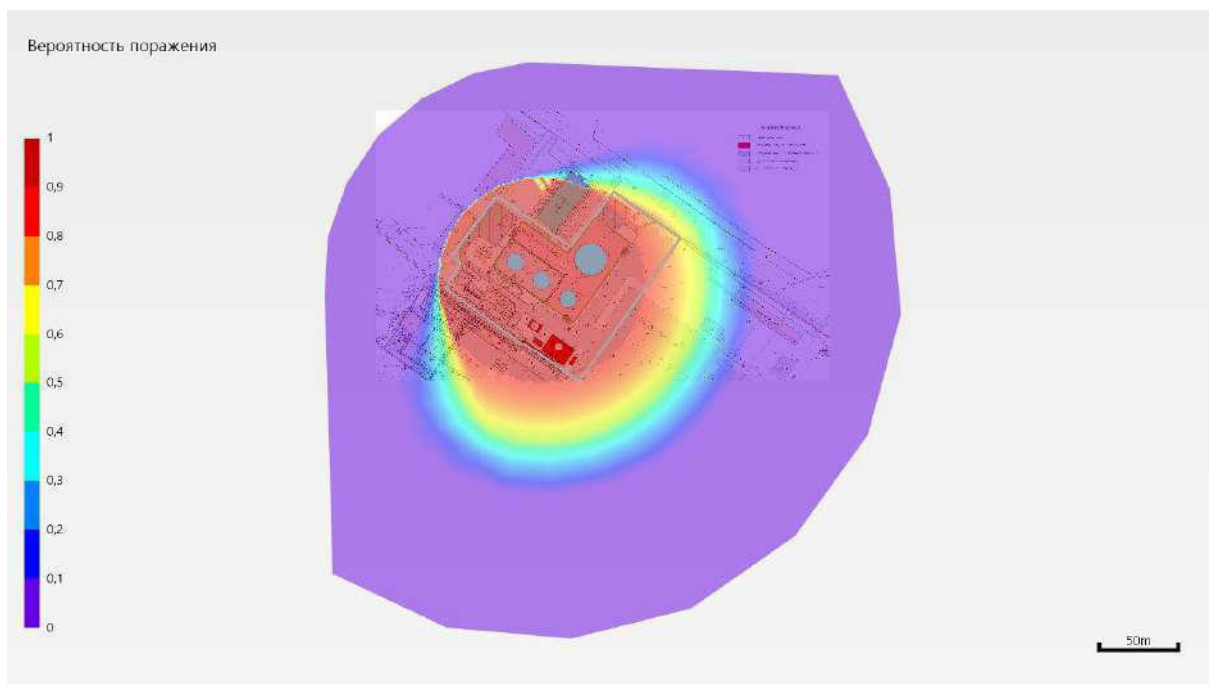
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(31,6 \cdot 15,14^{4/3}) = 5,316.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

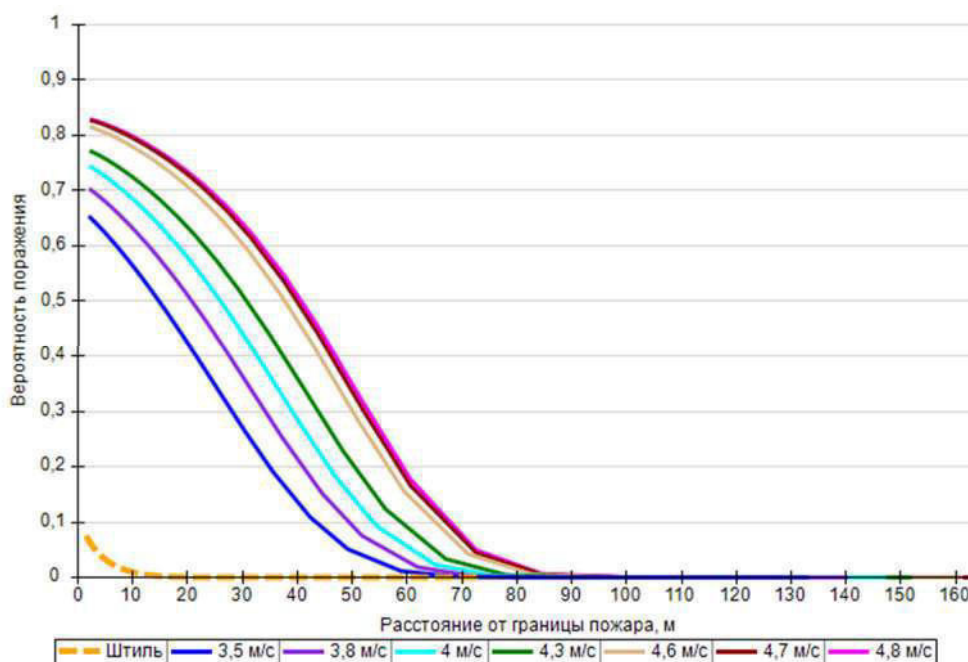
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,316-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,624436.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.3.4. Пожар на дыхательной арматуре

Пожар на дыхательной арматуре

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 2,7$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $18,27 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 10,4 - 2,7 = 7,7 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{7,7}{5} = 6,5 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(6,5 \cdot 18,27^{4/3}) = 1,92.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,92-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,001029.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 15,7$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $17,67 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 80,1 - 15,7 = 64,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{64,4}{5} = 17,9 \text{ с.}$$

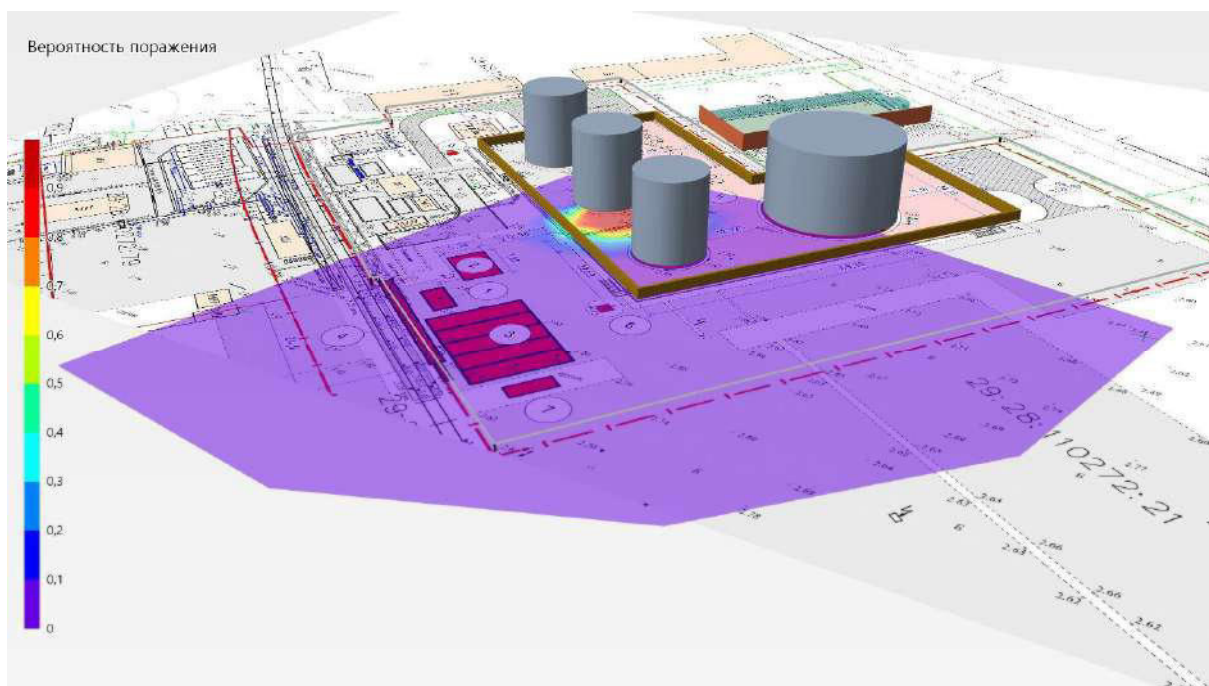
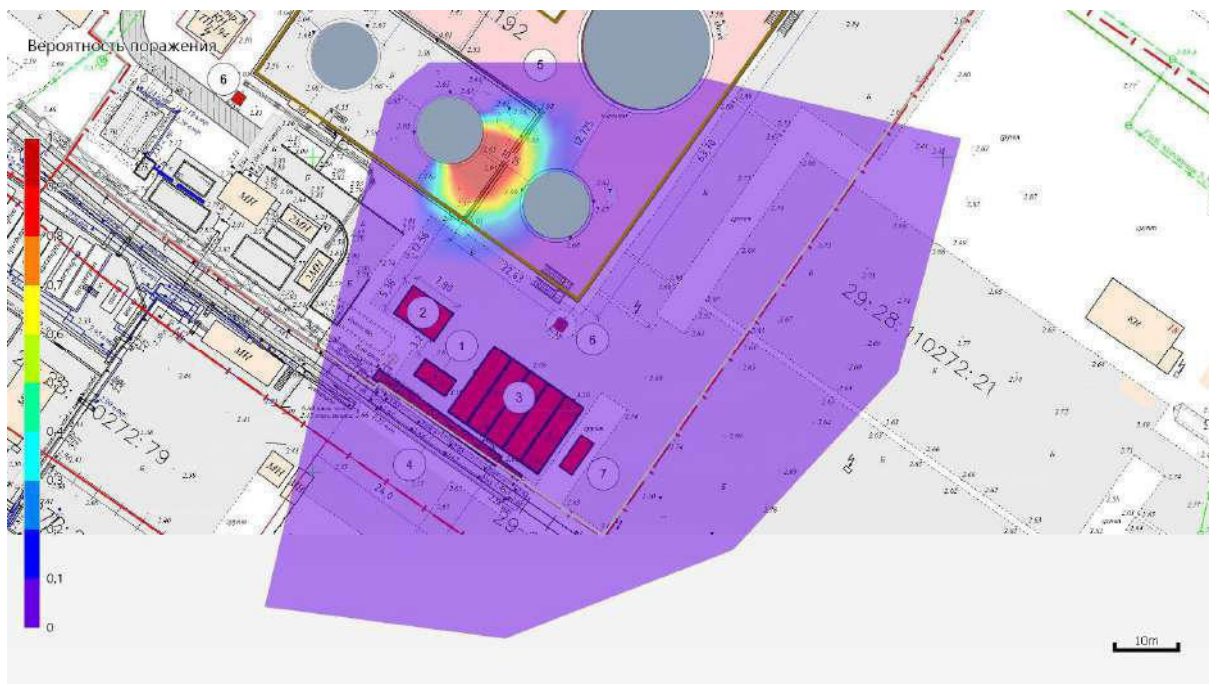
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(17,9 \cdot 17,67^{4/3}) = 4,384.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

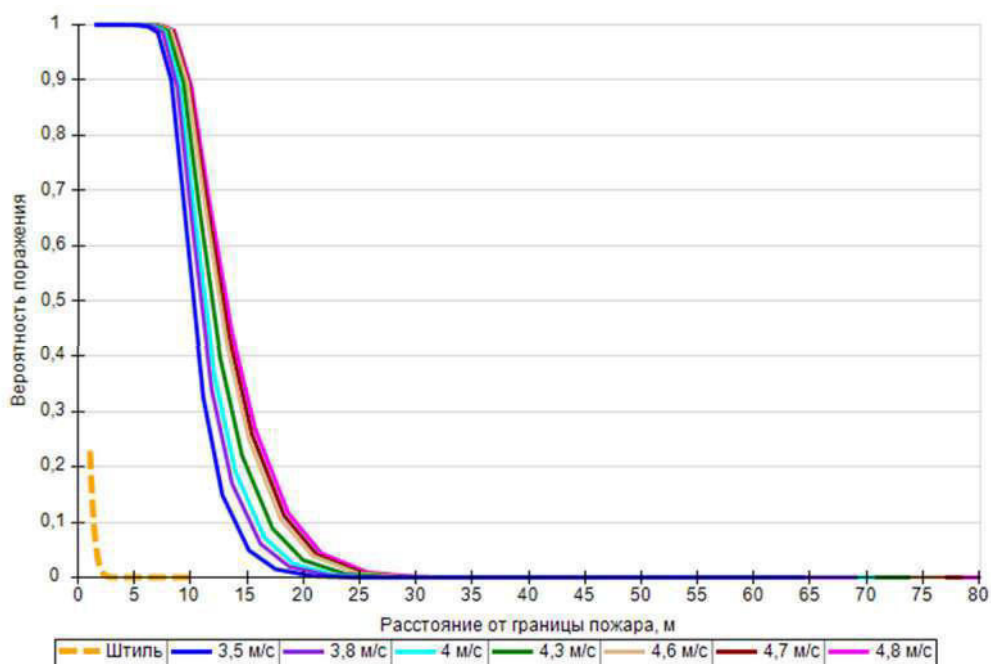
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,384-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,268656.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.3.5. Пожар по всей поверхности

Пожар по всей поверхности

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 4,7$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $16,16$ кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 21,1 - 4,7 = 16,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{16,4}{5} = 8,3 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(8,3 \cdot 16,16^{4/3}) = 2,11.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{2,11-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,001915.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8$ м/с.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 21,2$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $20,76 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 109,8 - 21,2 = 88,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{88,6}{5} = 22,7 \text{ с.}$$

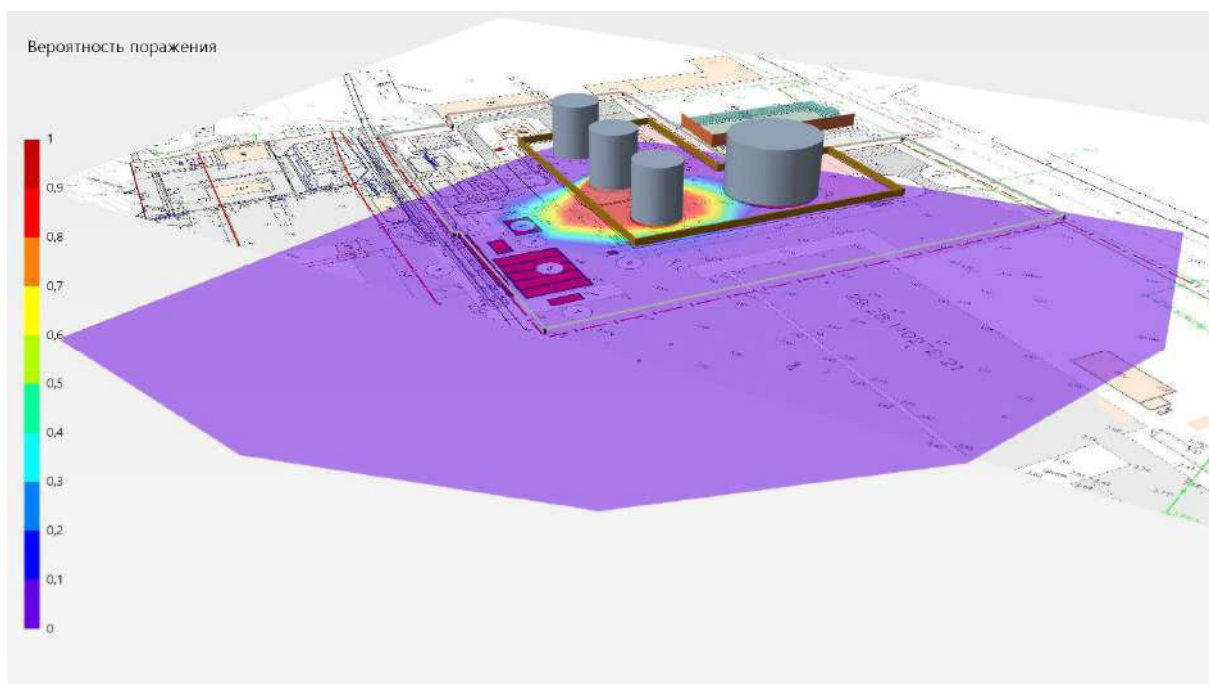
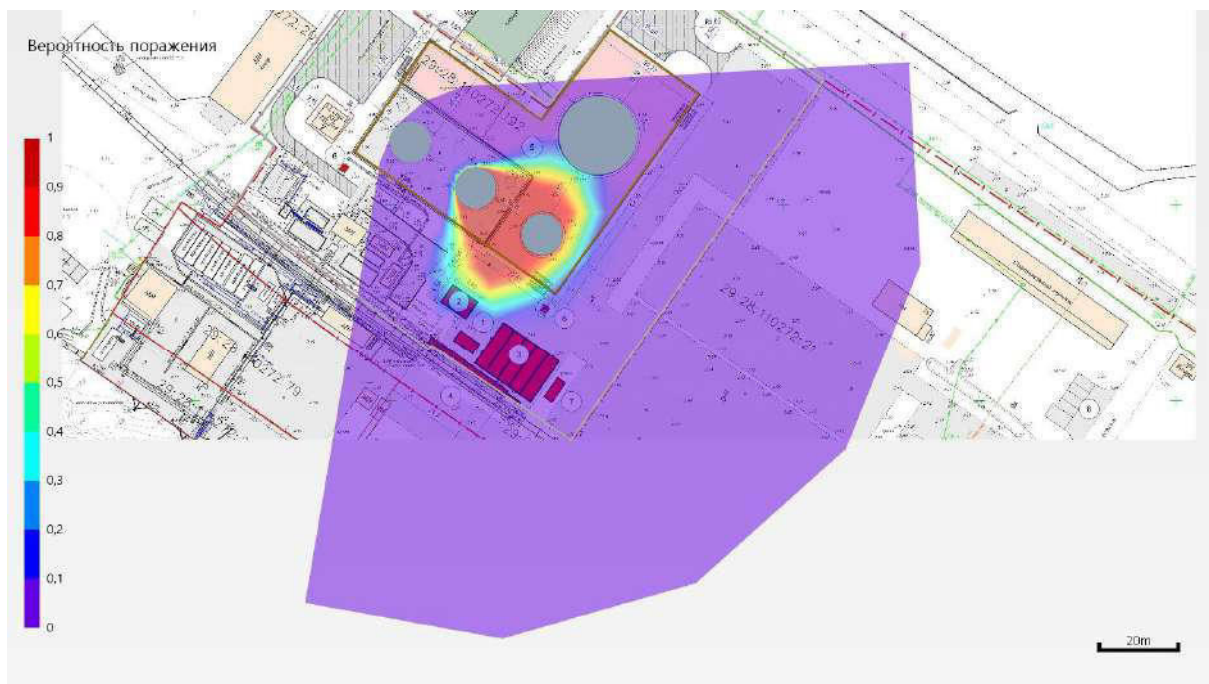
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(22,7 \cdot 20,76^{4/3}) = 5,548.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

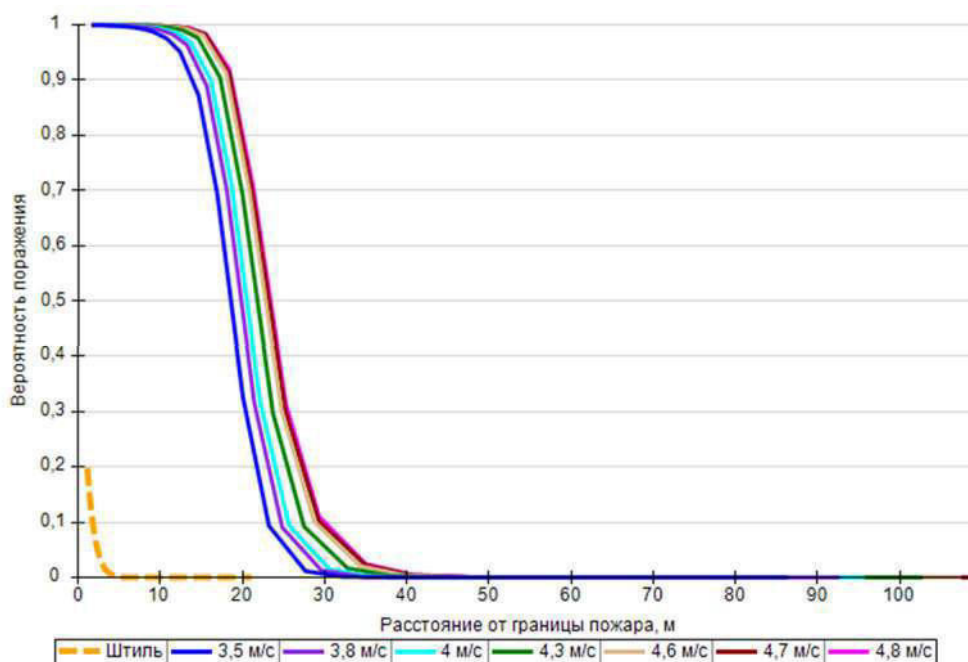
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,548-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,708652.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.4. PBC_04

6.4.1. Разгерметизация 25 мм

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 5,3$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $11,6 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 23,9 - 5,3 = 18,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{18,6}{5} = 8,7 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(8,7 \cdot 11,6^{4/3}) = 1,112.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,112-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,00005.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 18$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $21,07$ кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 92,6 - 18 = 74,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{74,6}{5} = 19,9 \text{ с.}$$

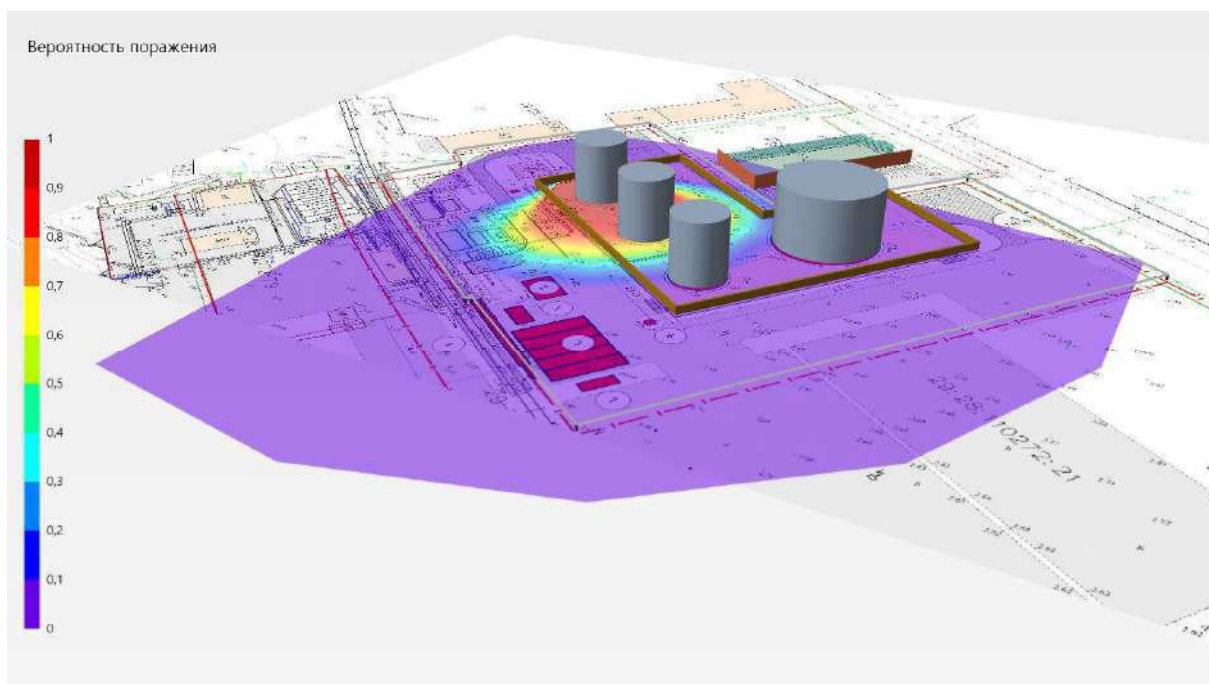
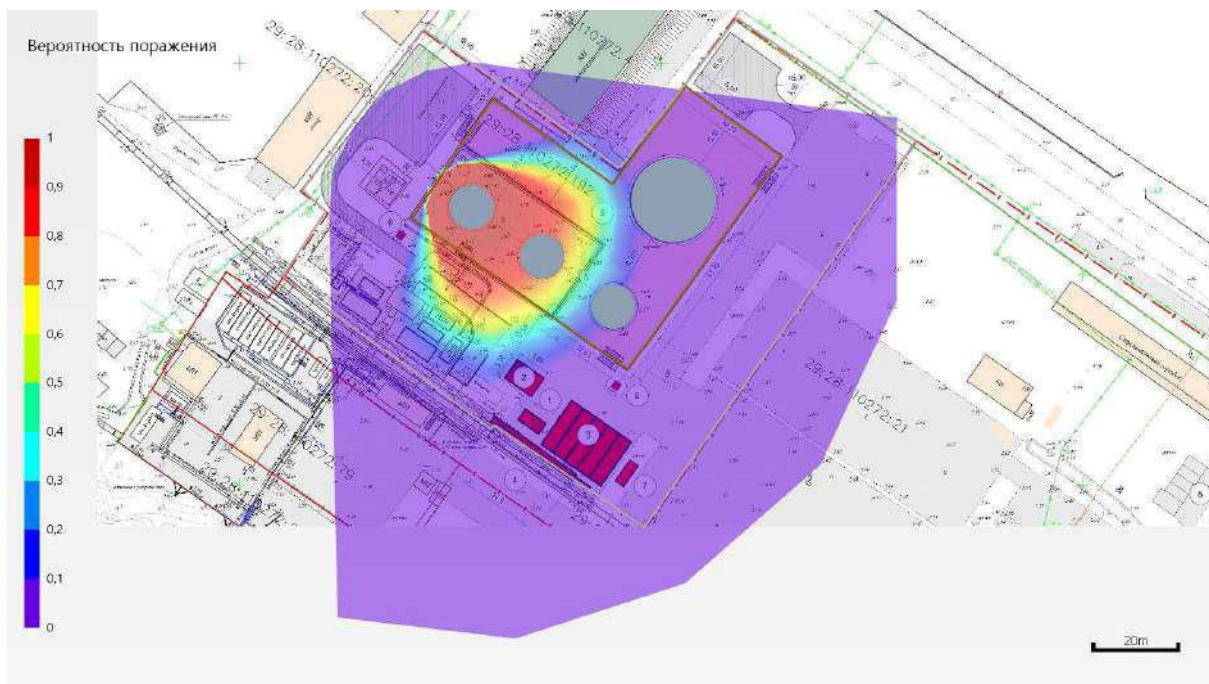
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(19,9 \cdot 21,07^{4/3}) = 5,261.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

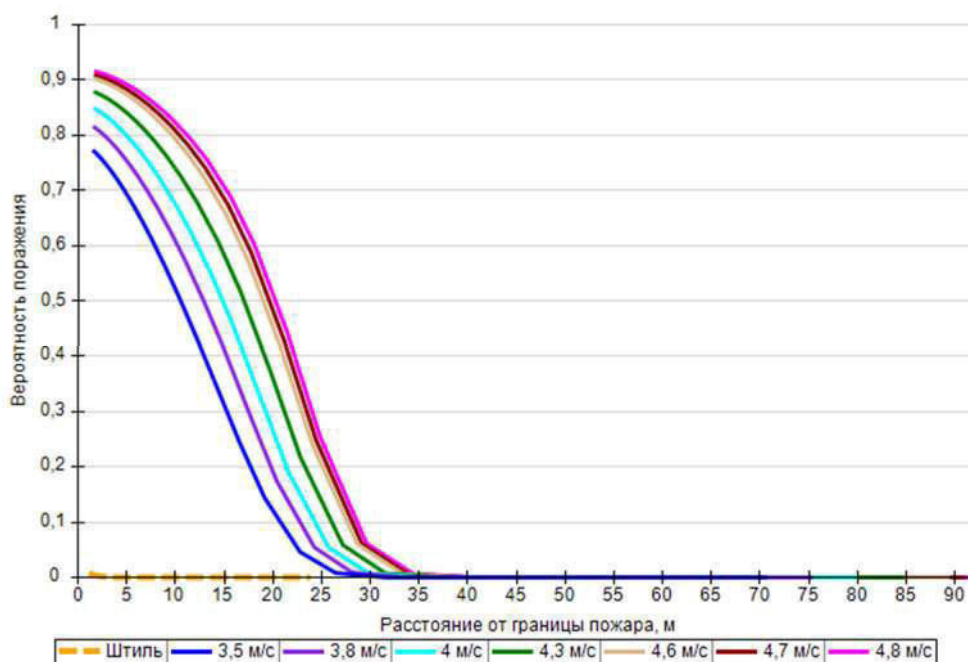
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,261-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,603405.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.4.2. Разгерметизация 100 мм

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 8,4$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $9,51 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 41,1 - 8,4 = 32,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{32,6}{5} = 11,5 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(11,5 \cdot 9,51^{4/3}) = 1,145.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,145-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,000057.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре 4,8 м/с.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 22,1$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 15,83 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 114,5 - 22,1 = 92,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{92,4}{5} = 23,5 \text{ с.}$$

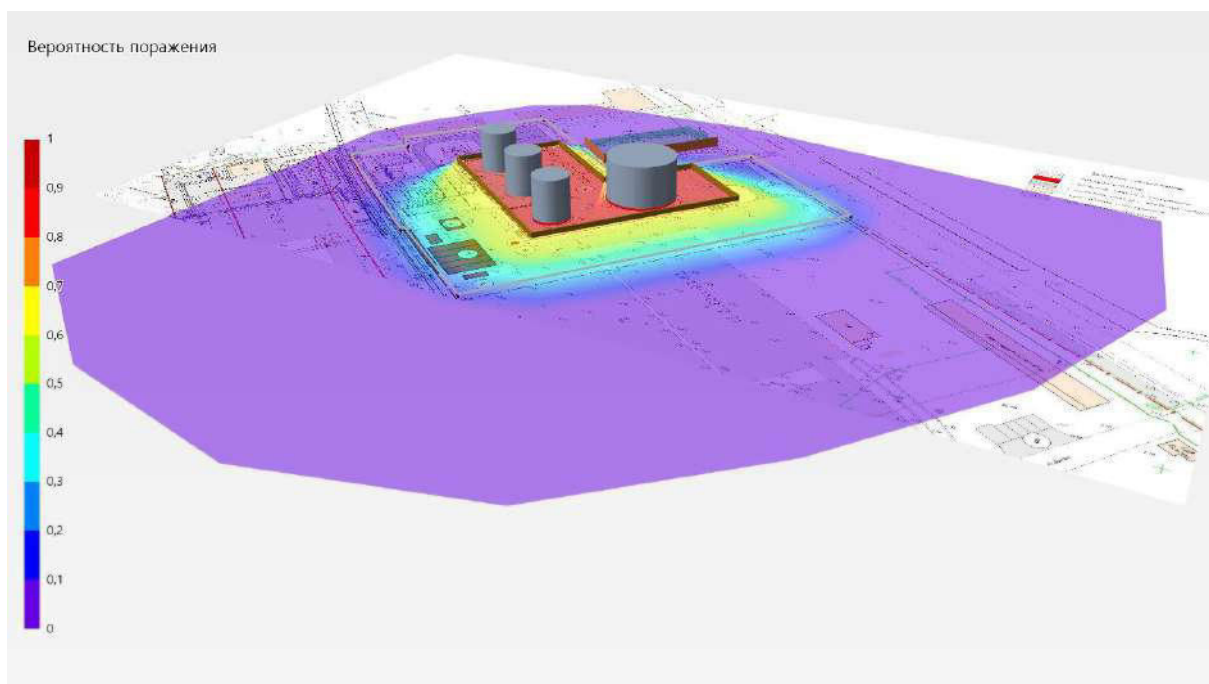
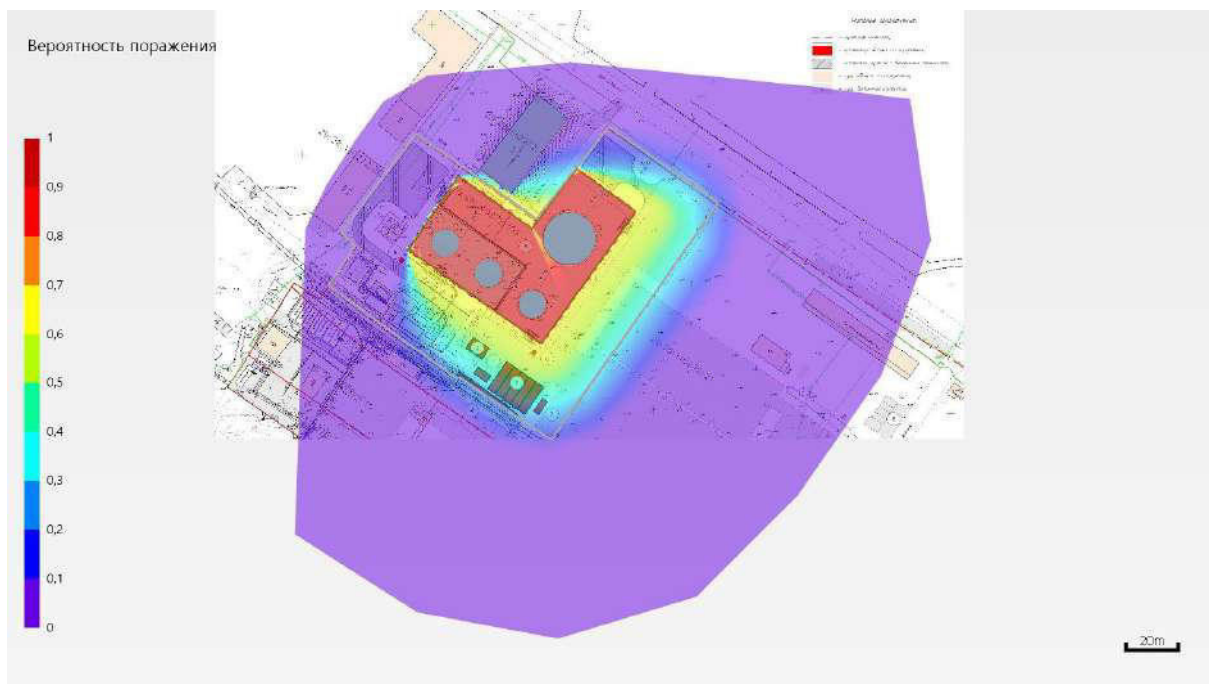
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(23,5 \cdot 15,83^{4/3}) = 4,707.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

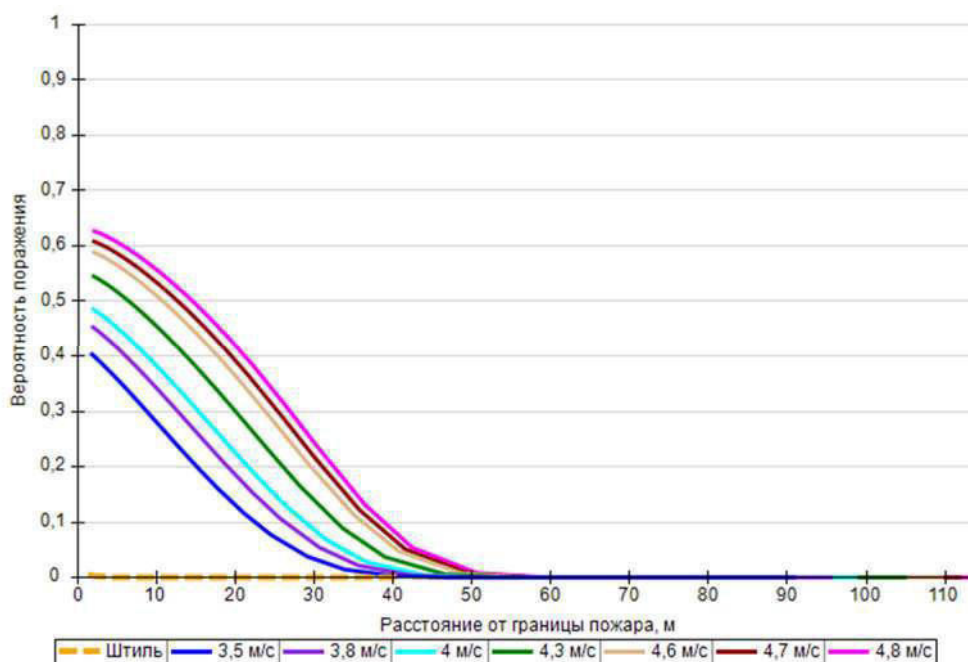
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,707-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,384352.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.4.3. Разрушение

Пожар пролива

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 14,5$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $9,85 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 73,9 - 14,5 = 59,3 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{59,3}{5} = 16,9 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(16,9 \cdot 9,85^{4/3}) = 2,239.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{2,239-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,002871.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 31,4$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 15,14 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 164,5 - 31,4 = 133,1 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{133,1}{5} = 31,6 \text{ с.}$$

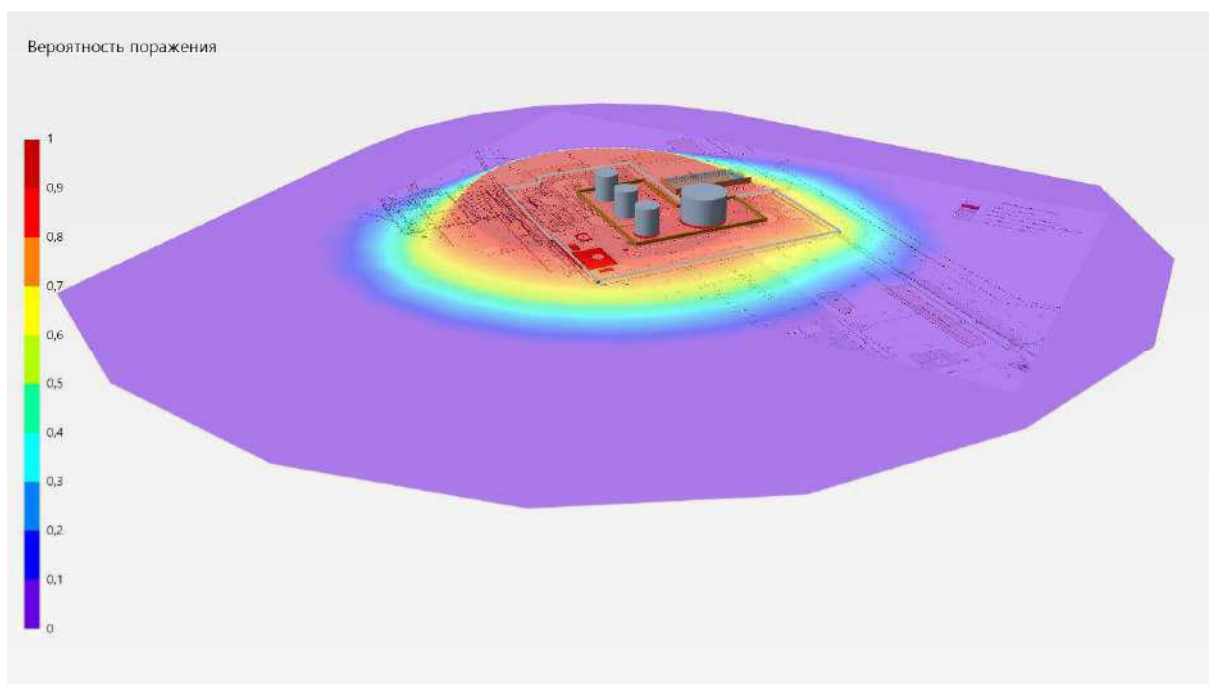
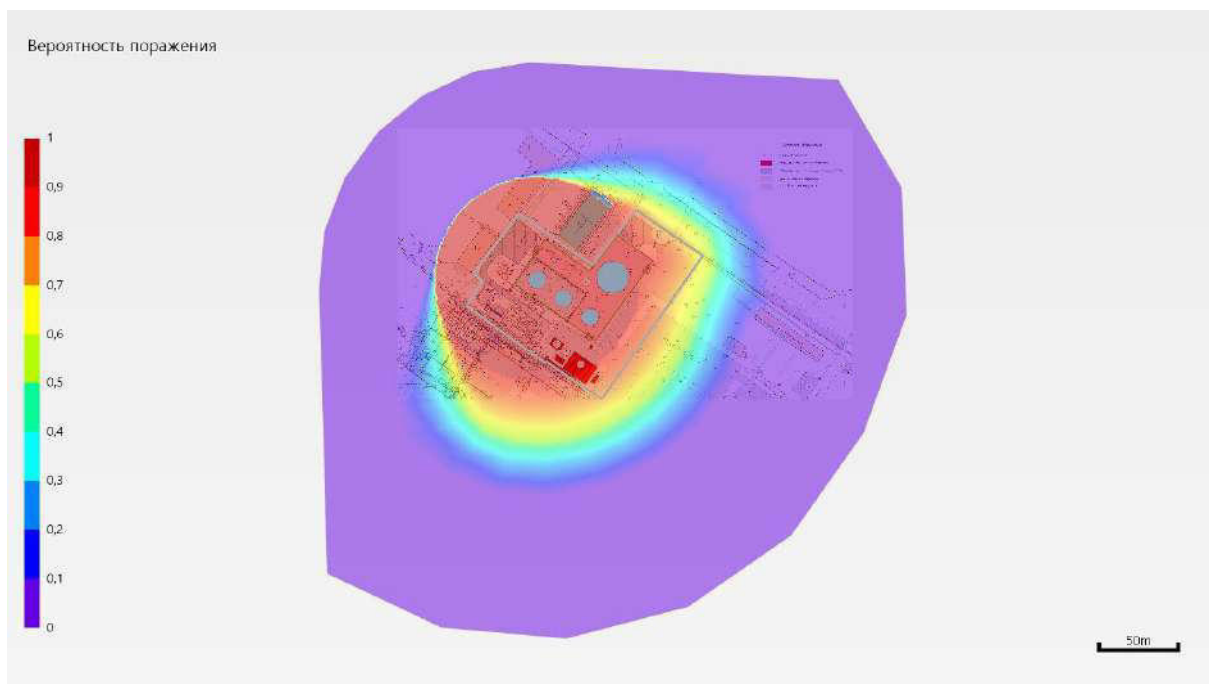
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(31,6 \cdot 15,14^{4/3}) = 5,316.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

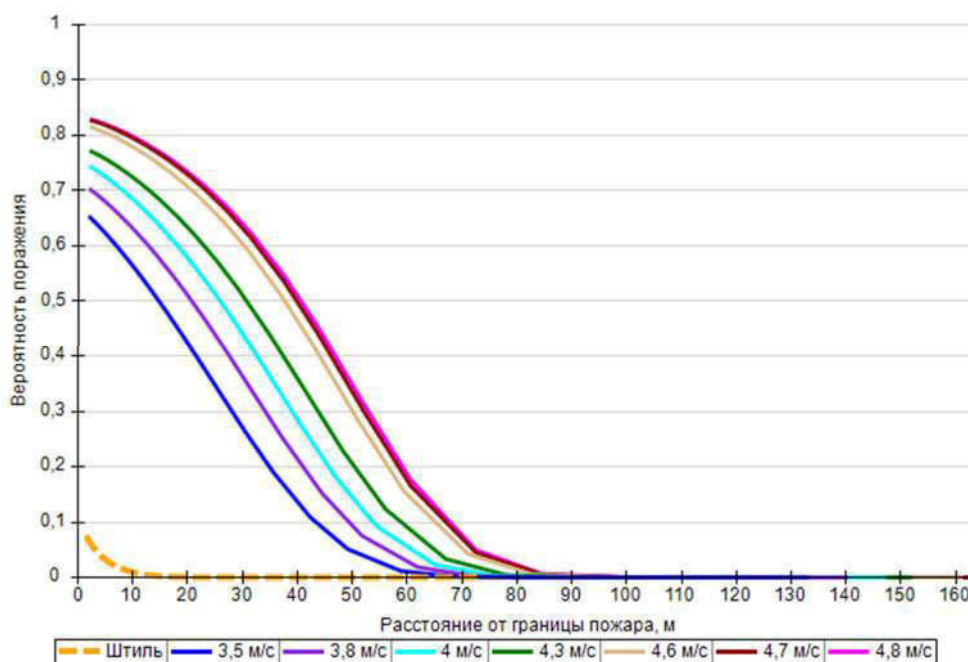
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,316-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,624436.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.4.4. Пожар на дыхательной арматуре

Пожар на дыхательной арматуре

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 2,7$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $18,27 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 10,4 - 2,7 = 7,7 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{7,7}{5} = 6,5 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(6,5 \cdot 18,27^{4/3}) = 1,92.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{1,92-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,001029.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 15,7$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $17,67 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 80,1 - 15,7 = 64,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{64,4}{5} = 17,9 \text{ с.}$$

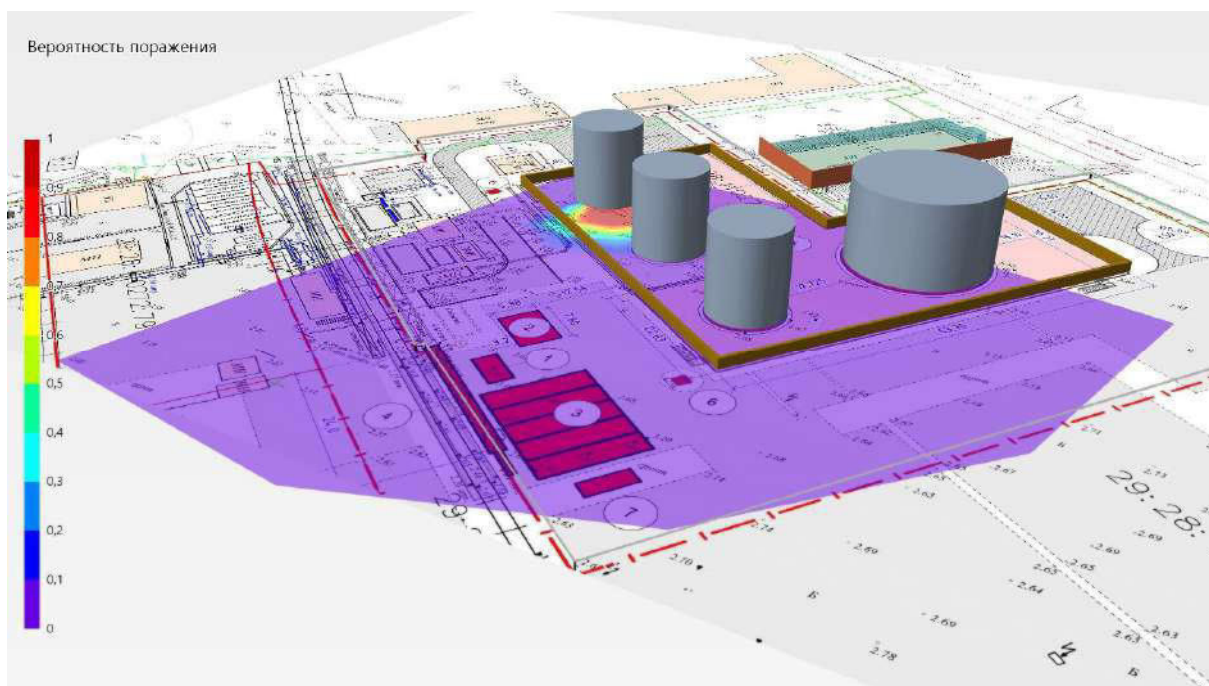
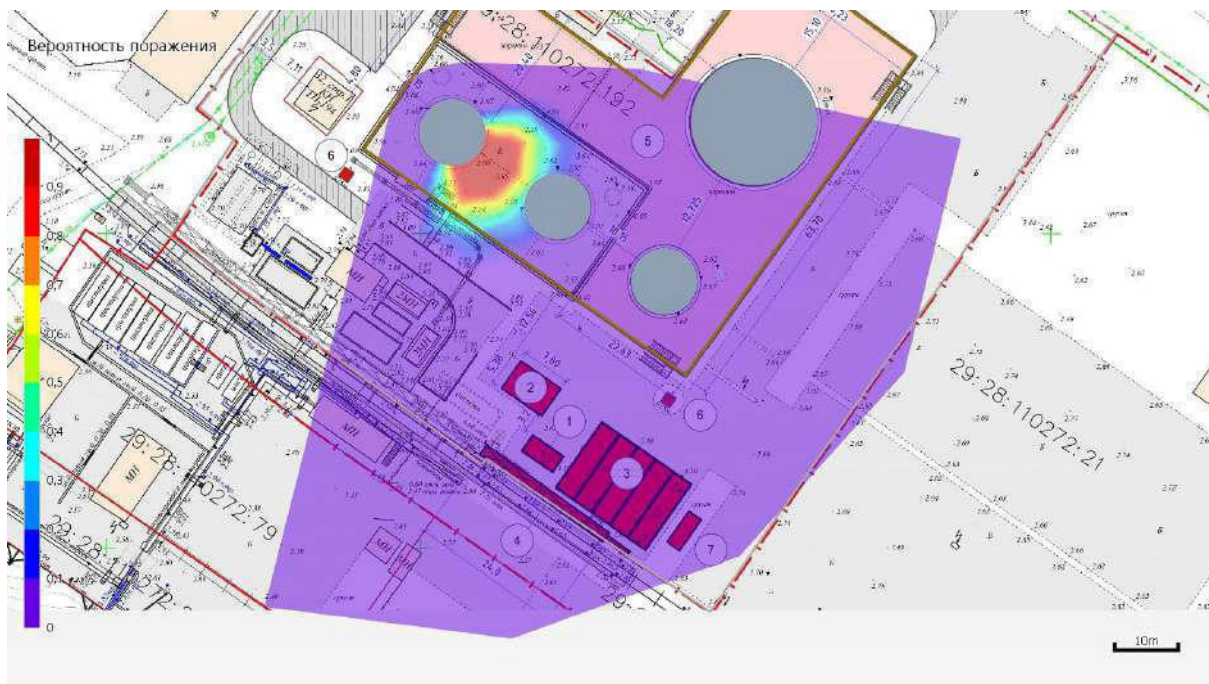
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(17,9 \cdot 17,67^{4/3}) = 4,384.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

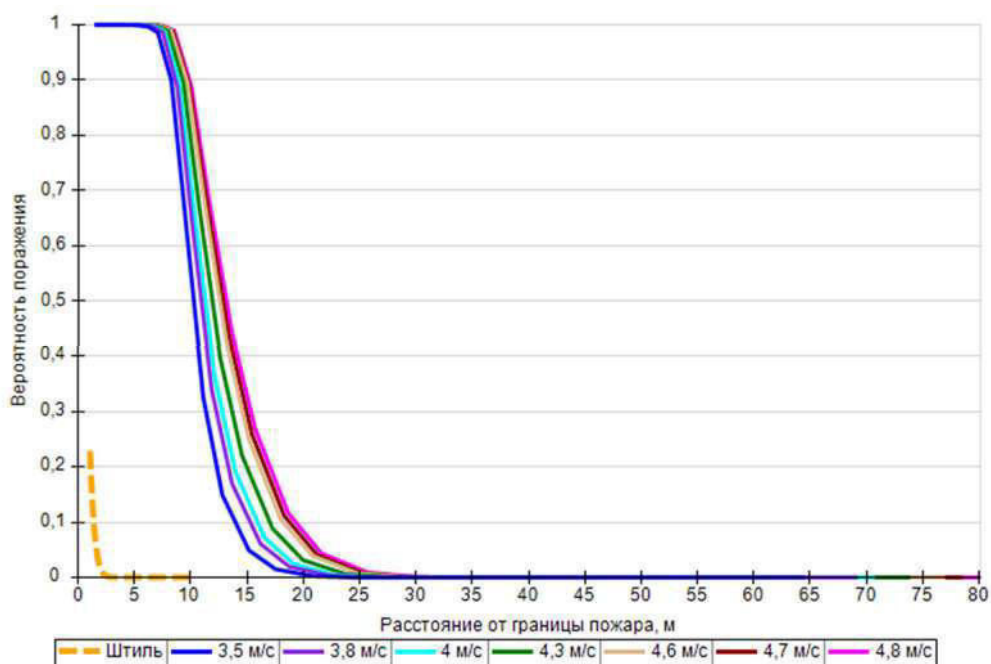
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{4,384-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,268656.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

6.4.5. Пожар по всей поверхности

Пожар по всей поверхности

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при штиле.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 4,7$ м от края пролива (края площади пожара).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет $16,16 \text{ кВт/м}^2$.

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м^2) составляет:

$$x = r_4 - r' = 21,1 - 4,7 = 16,4 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{16,4}{5} = 8,3 \text{ с.}$$

Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(8,3 \cdot 16,16^{4/3}) = 2,11.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{2,11-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,001915.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).

Расчет условной вероятности поражения человека тепловым излучением пожара при ветре $4,8 \text{ м/с}$.

Ниже приведен расчет условной вероятности поражения человека для точки, расположенной на расстоянии $r' = 21,2$ м от края пролива (края площади пожара) с подветренной стороны от очага

пожара (условные вероятности поражения для точек, расположенных с наветренной стороны от очага пожара, принимаются равными соответствующим значениям при штиле).

Интенсивность теплового излучения в рассматриваемой точке составляет 20,76 кВт/м².

Расстояние от рассматриваемой точки до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает безопасное значение (4 кВт/м²) составляет:

$$x = r_4 - r' = 109,8 - 21,2 = 88,6 \text{ м.}$$

Величина эффективного времени экспозиции:

$$t = t_0 + \frac{x}{u} = 5 + \frac{88,6}{5} = 22,7 \text{ с.}$$

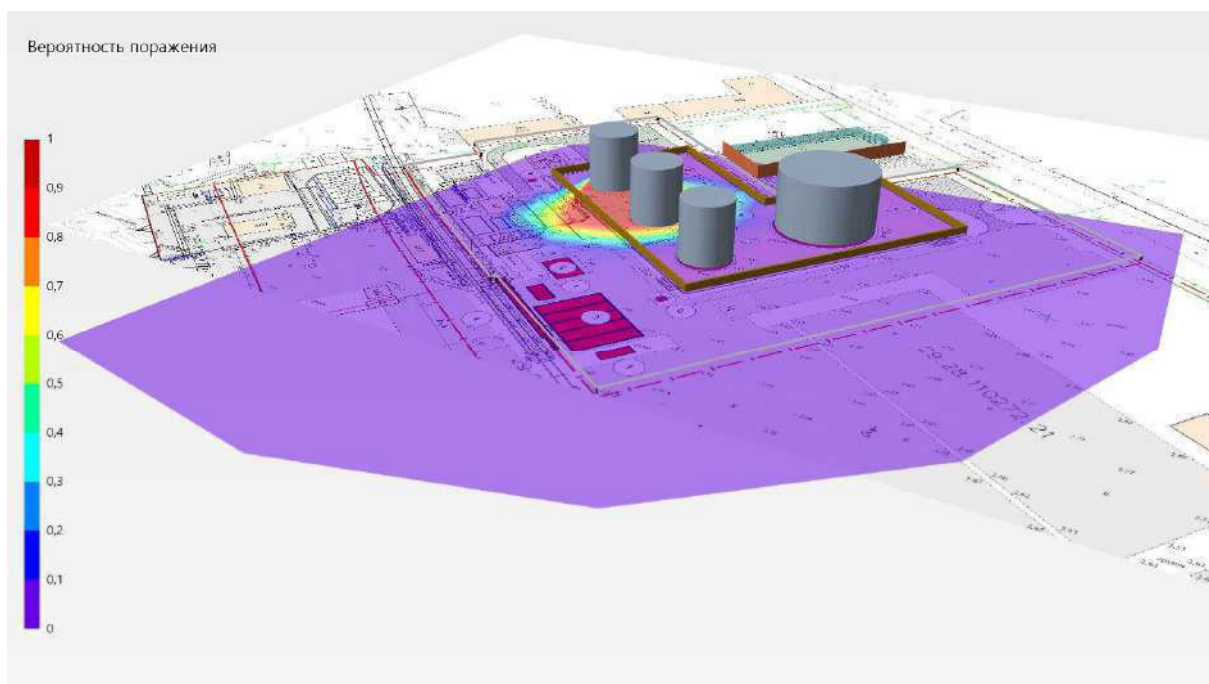
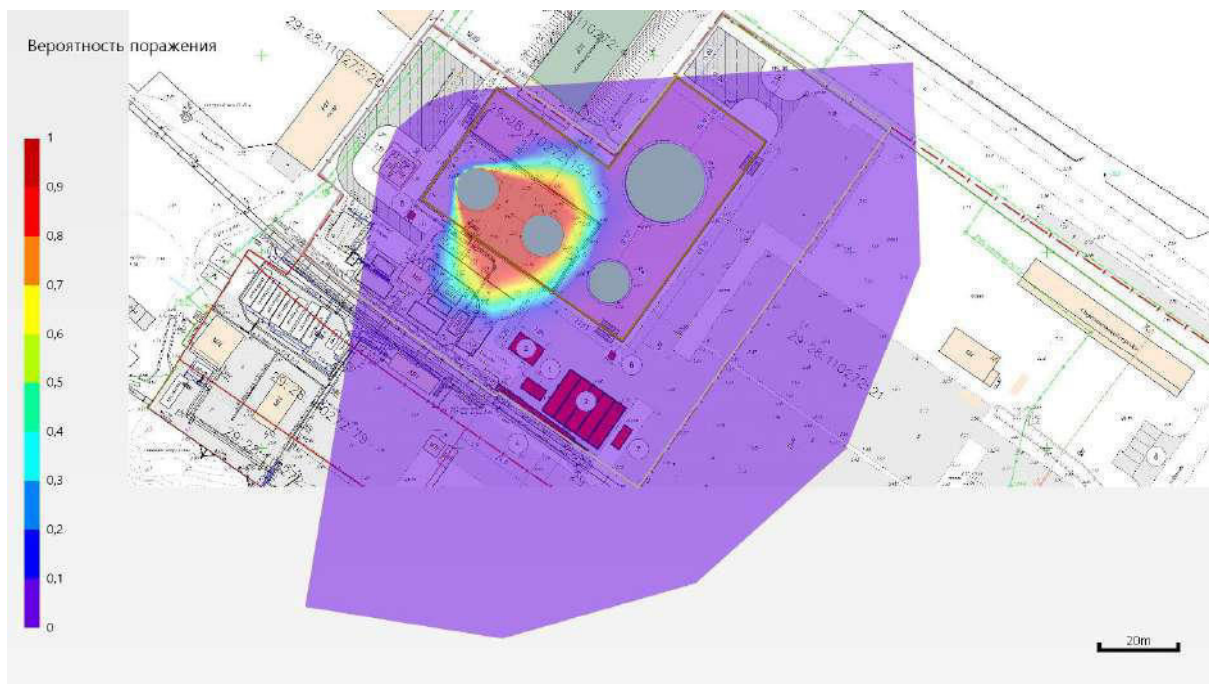
Значение пробит-функции составляет:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3}) = -12,8 + 2,56 \cdot \ln(22,7 \cdot 20,76^{4/3}) = 5,548.$$

Условная вероятность поражения человека тепловым излучением в рассматриваемой точке:

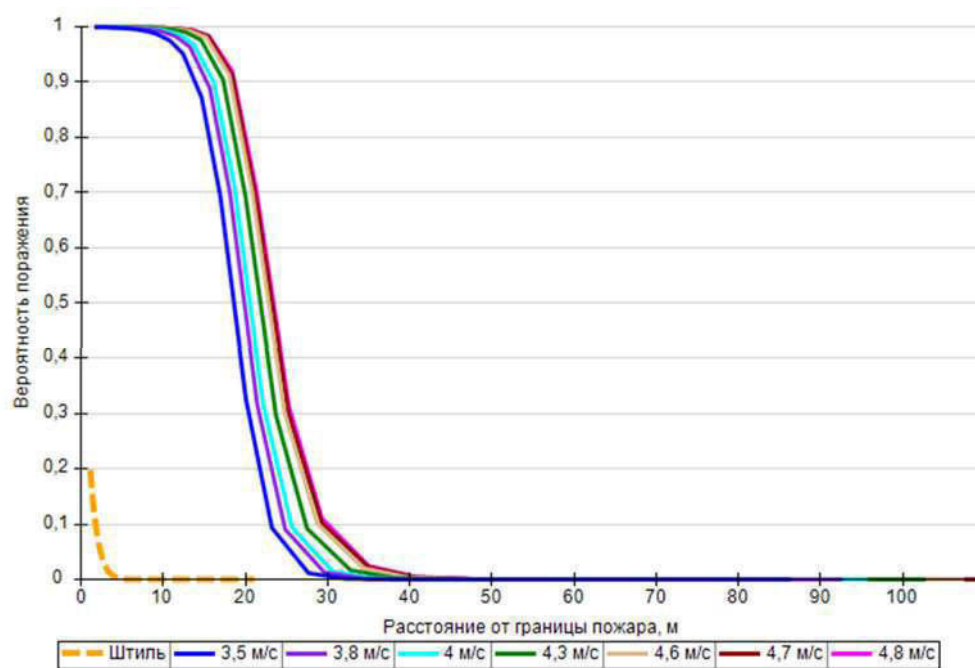
$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{5,548-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU = 0,708652.$$

Аналогично были получены величины условных вероятностей поражения человека тепловым излучением на различных расстояниях от края пролива (края площади пожара).



Поле величин условной вероятности поражения человека тепловым излучением

На графике ниже представлены зависимости условной вероятности поражения человека от расстояния от края пролива (пожара) при всех заданных вариантах силы ветра.



Варианты значений условной вероятности поражения при различной силе ветра

7. Вычисление расчетных величин пожарного риска

7.1. Потенциальный риск на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта

7.1.1. Потенциальный риск от оборудования объекта

Величина потенциального пожарного риска в определенной точке как на территории объекта, так и в селитебной зоне вблизи объекта определяется по формуле:

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

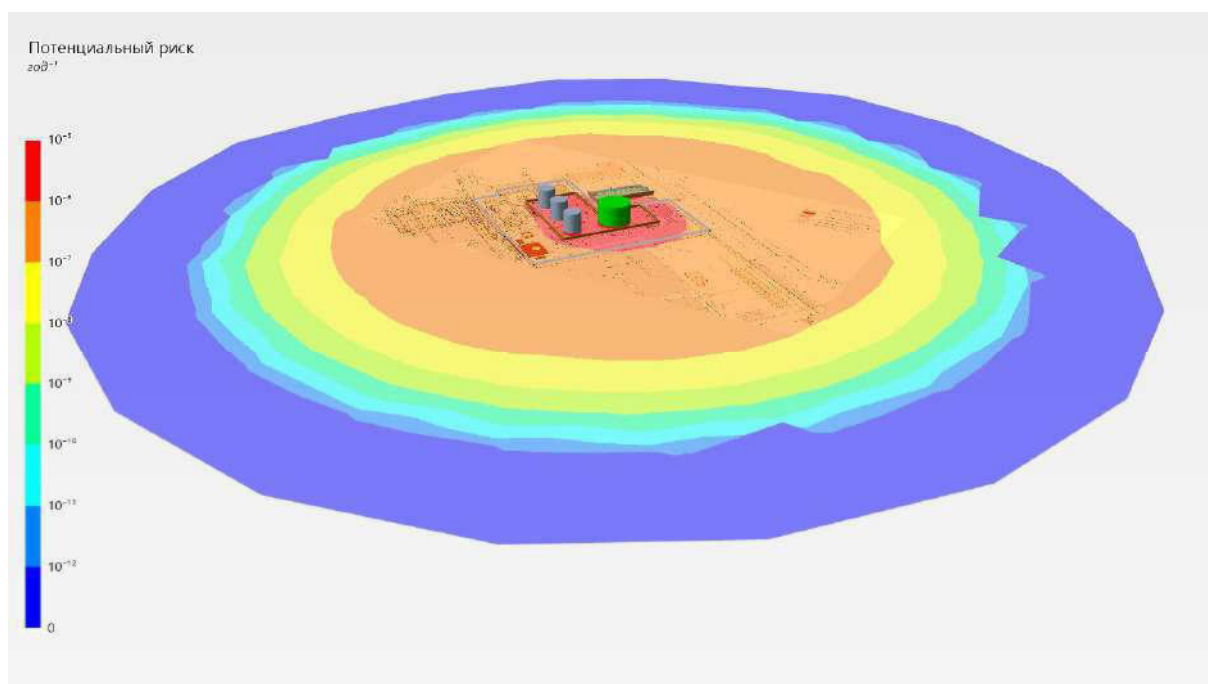
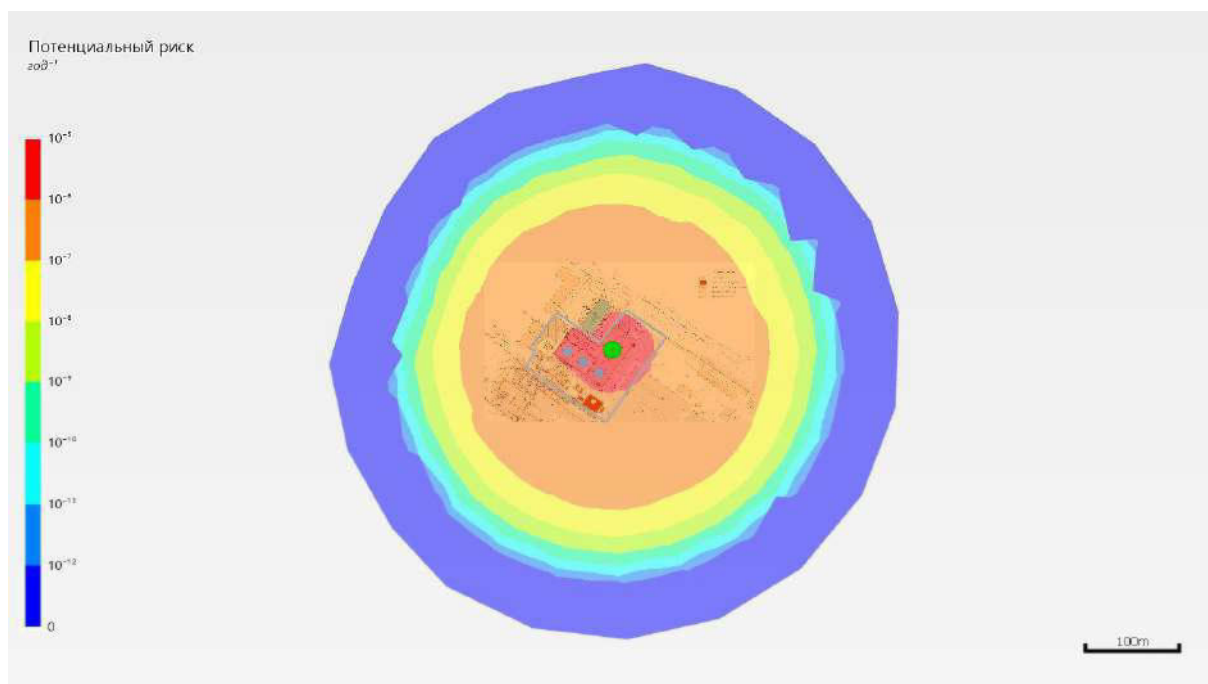
где J — число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий);

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

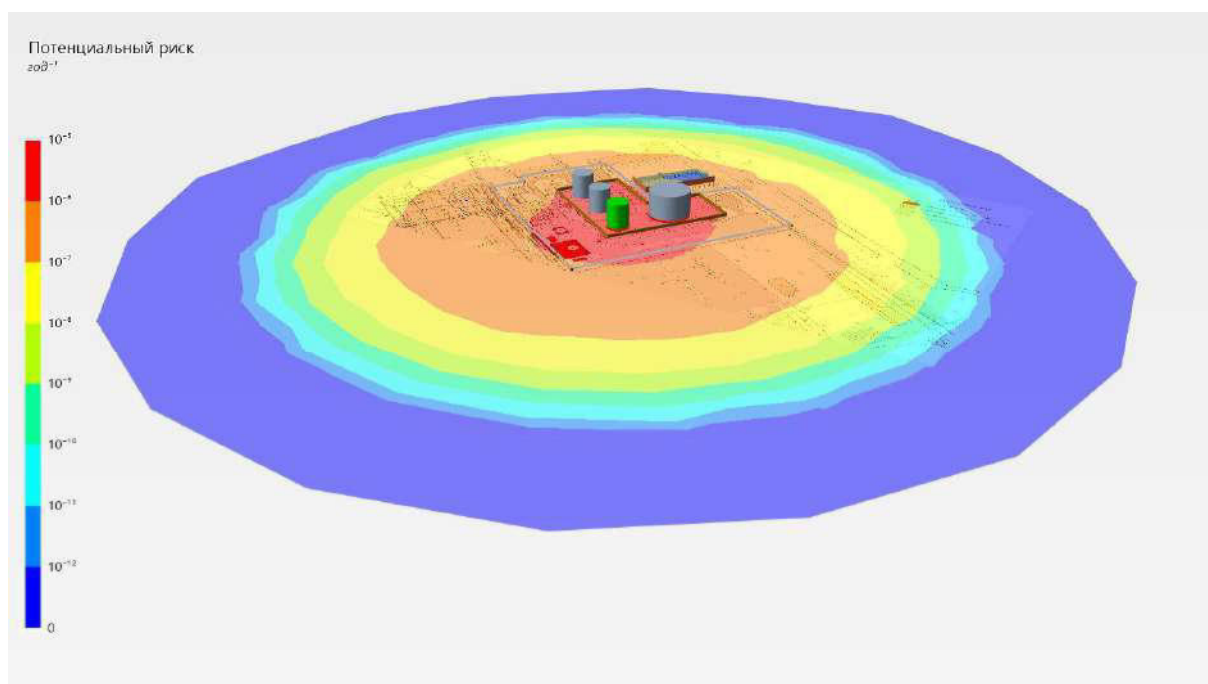
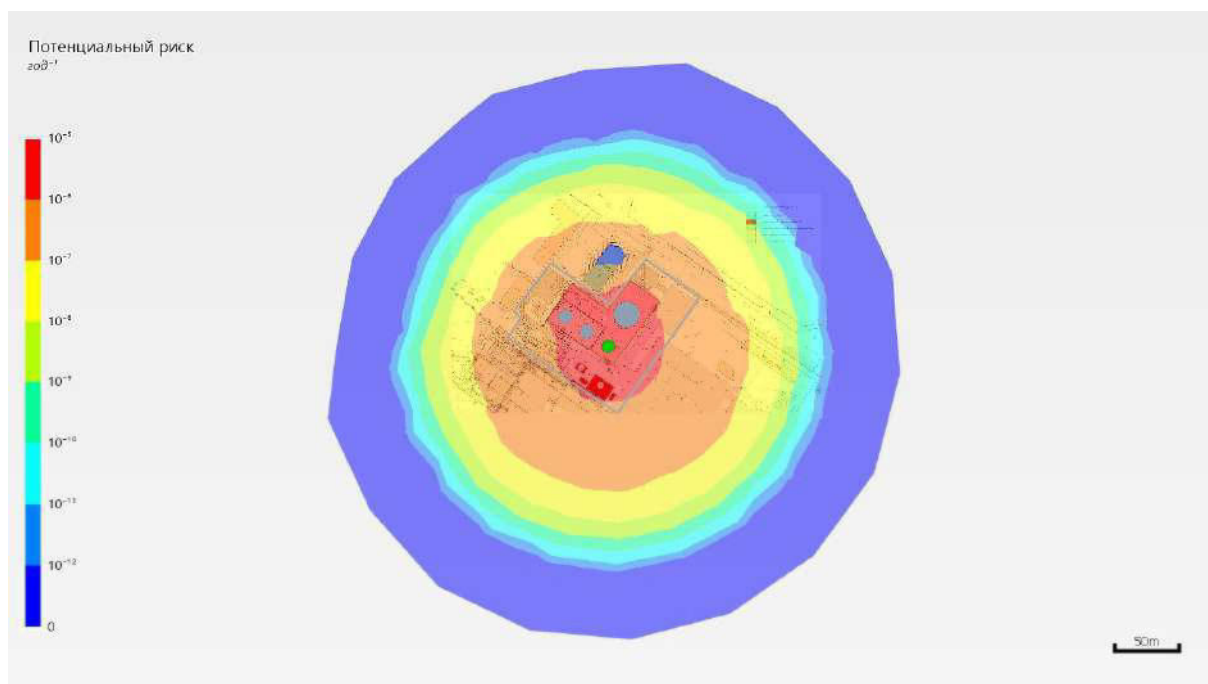
Q_j — частота реализации в течение года j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год^{-1} .

Ниже приведены поля потенциального пожарного риска, обусловленного возникновением пожароопасных ситуаций в оборудовании объекта.

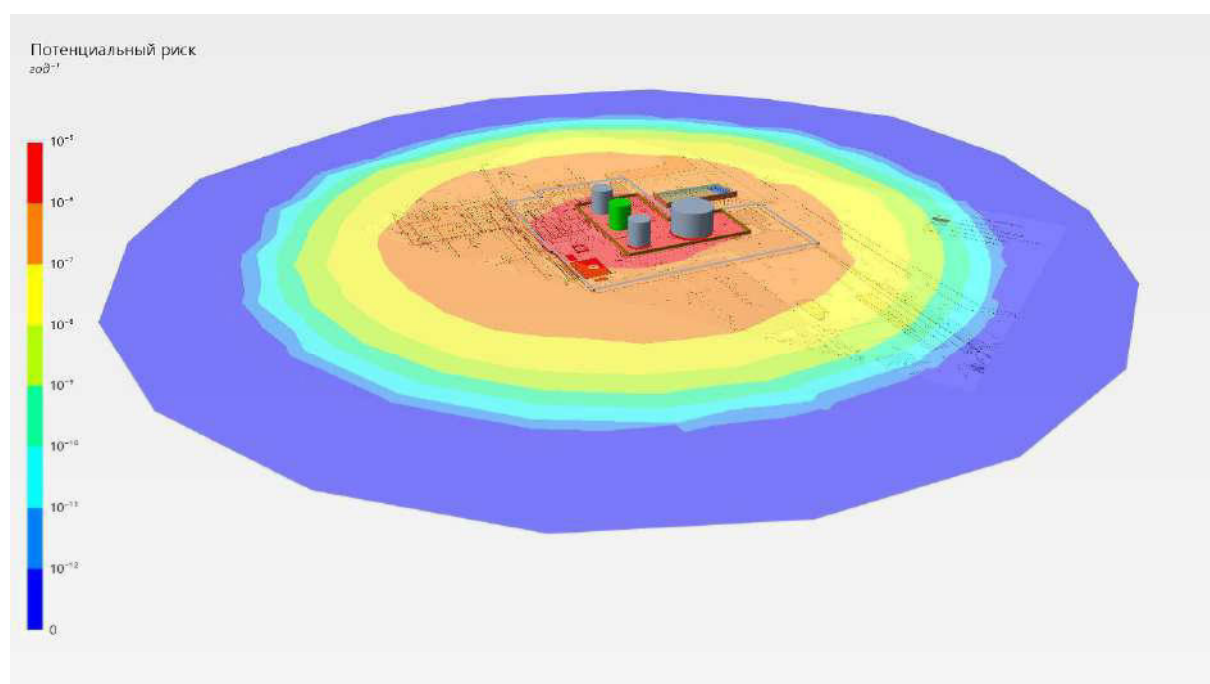
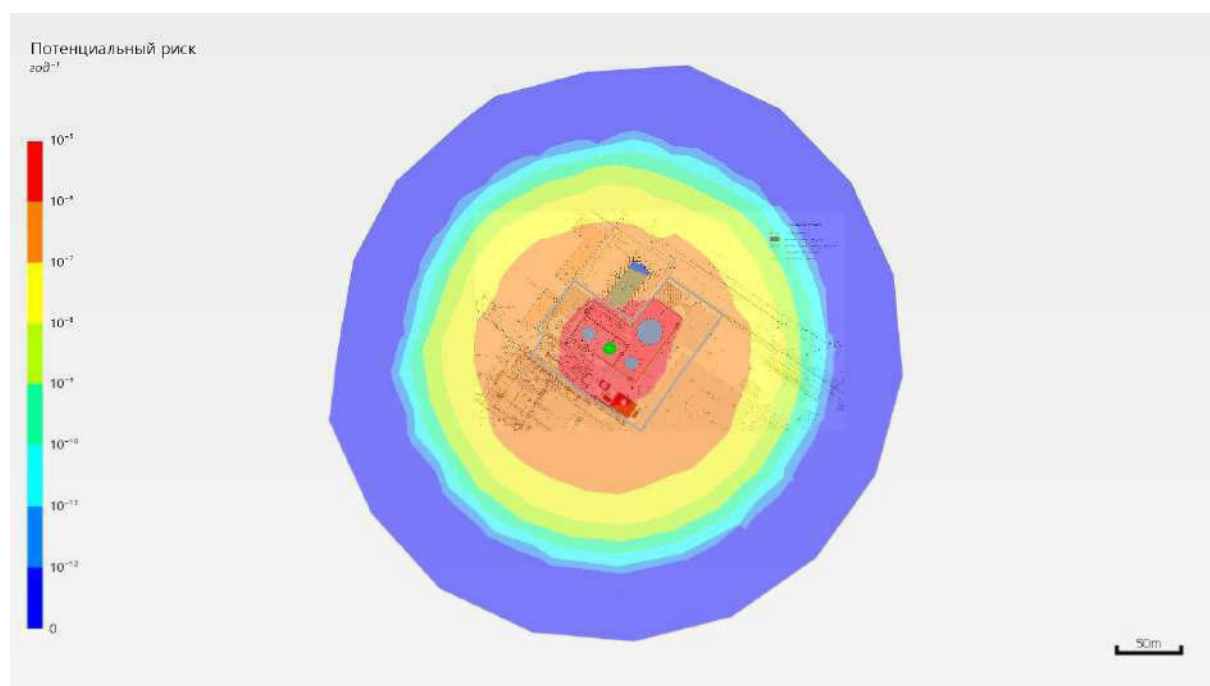
PBC_01



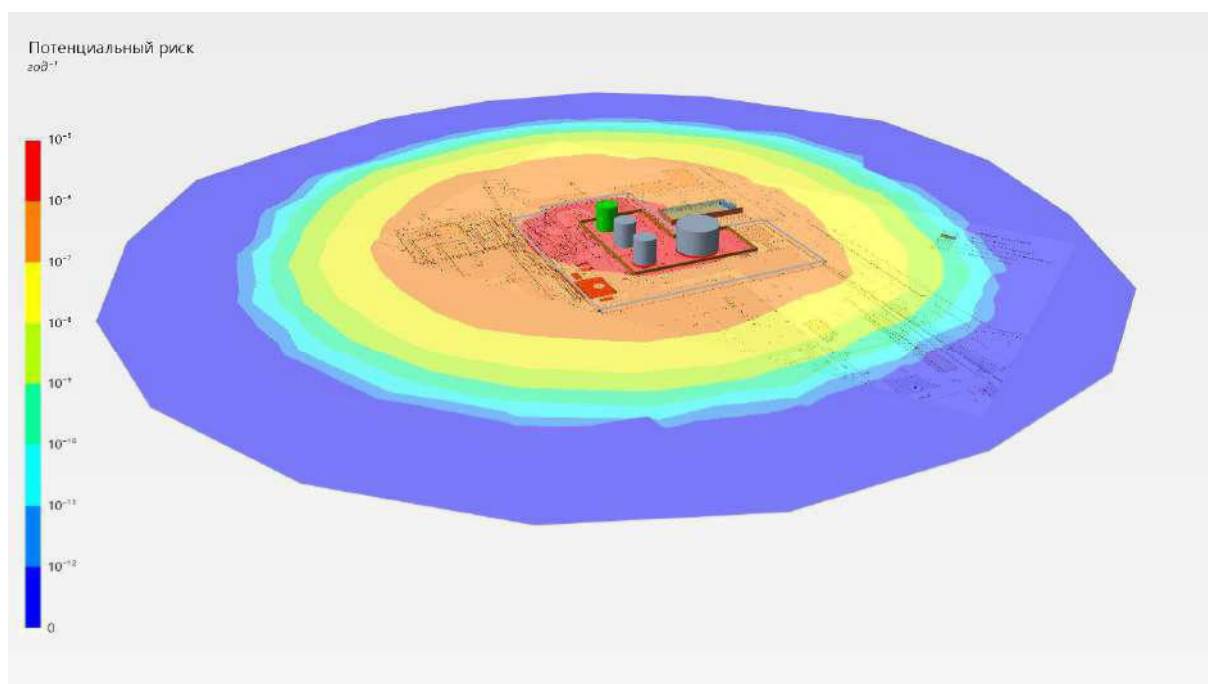
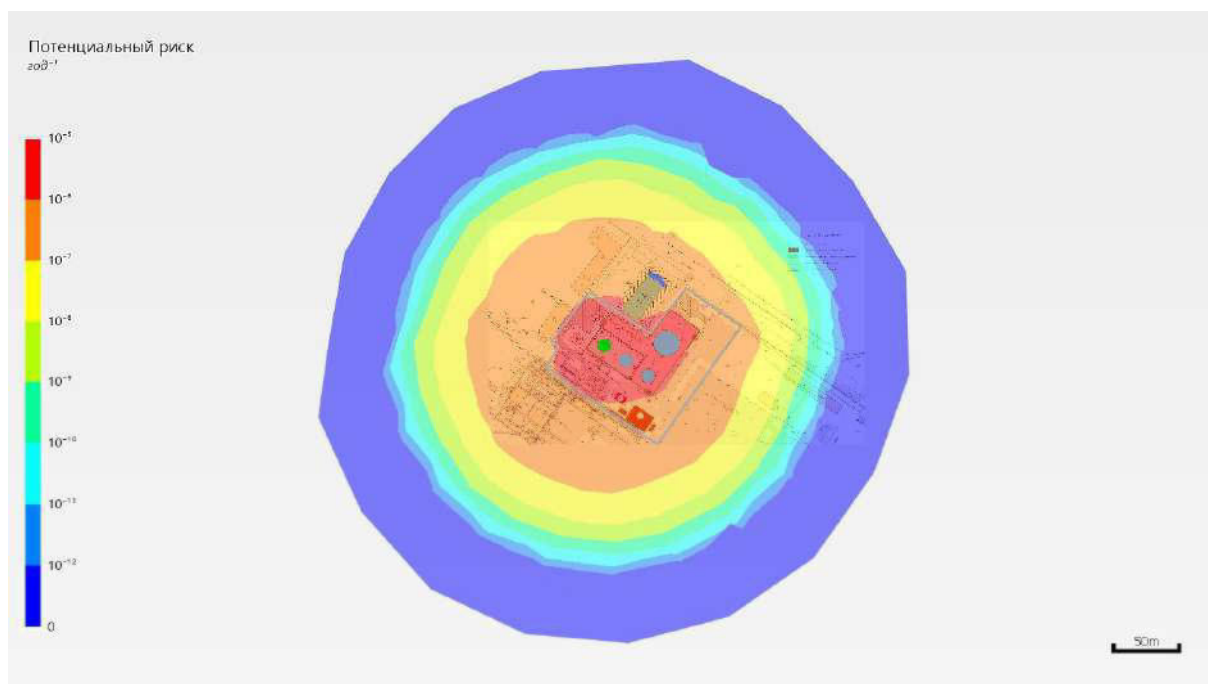
Поле потенциального пожарного риска (PBC_01)



Поле потенциального пожарного риска (PBC_02)

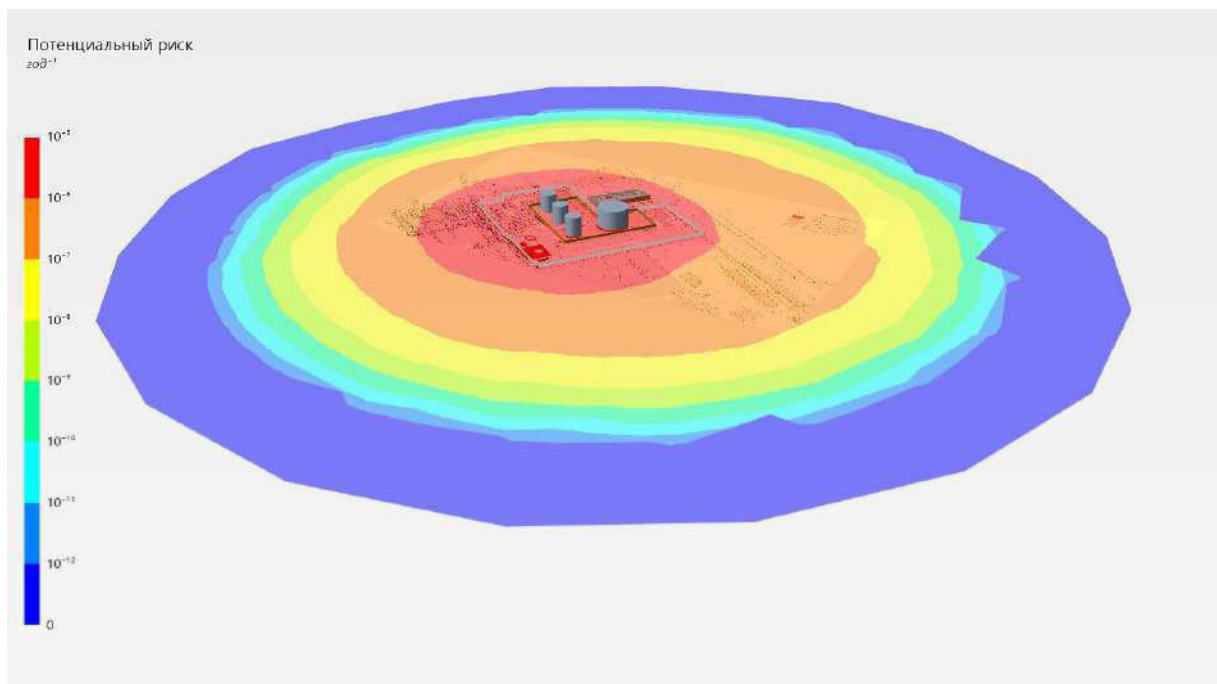
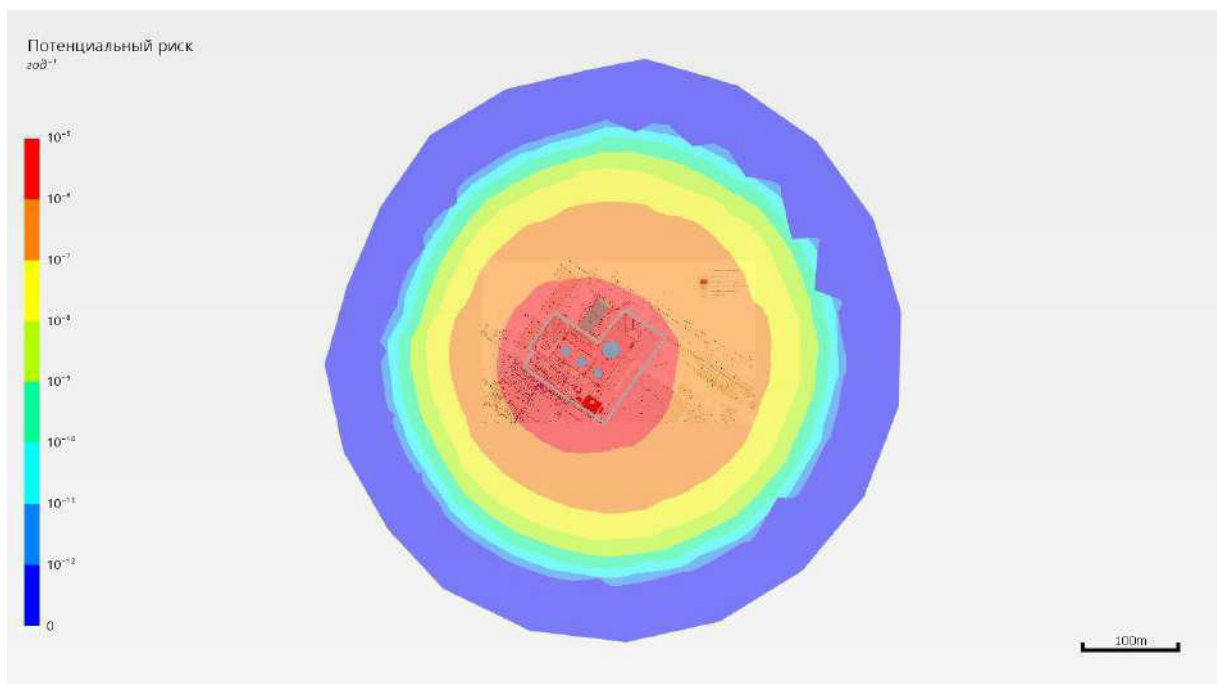


Поле потенциального пожарного риска (PBC_03)



Поле потенциального пожарного риска (PBC_04)

Путем суммирования полученных полей потенциального риска в каждой точке объекта получено поле суммарного потенциального риска, обусловленного возникновением пожароопасных ситуаций на всем оборудовании объекта.



Потенциальный пожарный риск от оборудования объекта

7.2. Индивидуальный пожарный риск

Вероятности нахождения людей на участках территории объекта и в зданиях приведены в таблице.

Вероятность нахождения людей

Категория людей	Группа людей	Здание, область территории	q_{im}
Население	Работники овощехранилища (5 чел.)	Овощехранилище	0,22557

7.2.1. Индивидуальный пожарный риск в зданиях и на территории объекта

Индивидуальный пожарный риск в зданиях и на территории объекта определяется для каждой группы людей с учетом вероятности их нахождения в каждой области территории или здании по формуле:

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

где $P(i)$ — интегрированная по площади величина потенциального риска в i -ой области территории объекта, год⁻¹;

q_{im} — вероятность присутствия работника m в i -ой области территории объекта.

Результаты расчетов приведены в таблице.

Расчет индивидуального пожарного риска в зданиях и на территории объекта

Группа людей	Здание, область территории объекта	q_{im}	$P(i)$ (мин. ... макс.), год ⁻¹	$R_m(i)$, год ⁻¹
--------------	------------------------------------	----------	--	------------------------------

7.2.2. Индивидуальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, индивидуальный пожарный риск принимается равным величинам потенциального риска в этой зоне с учетом доли времени присутствия людей в зданиях, сооружениях и строениях вблизи производственного объекта:

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

где $P(i)$ — интегрированная по площади величина потенциального риска в i -ой области территории в селитебной зоне, год⁻¹;

q_{im} — доли времени присутствия людей m в i -ой области территории (здании) в селитебной зоне.

Доля времени присутствия людей принимается: для зданий, сооружений и строений классов Ф1 по функциональной пожарной опасности — 1; для зданий, сооружений и строений классов Ф2, Ф3, Ф4 и Ф5 по функциональной пожарной опасности с круглосуточным режимом работы — 1, при некруглосуточном режиме работы — доля времени присутствия людей в соответствии с организационно-распорядительными документами для этих зданий, сооружений и строений.

Результаты расчетов приведены в таблице.

Расчет индивидуального пожарного риска в селитебной зоне вблизи объекта

Группа людей	Здание, область территории	q_{im}	$P(i)$ (мин. ... макс.), год ⁻¹	$R_m(i)$, год ⁻¹
Работники овощехранилища	Овощехранилище	0,22557	$5,398 \cdot 10^{-7} \dots 2,159 \cdot 10^{-6}$	$4,12 \cdot 10^{-7}$
Итого: $R_m =$				$4,12 \cdot 10^{-7}$

7.3. Социальный пожарный риск

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, социальный пожарный риск принимается равным частоте возникновения событий, ведущих к гибели 10 и более человек:

$$S = \sum_{j=1}^L Q_j,$$

где L — число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров), для которых среднее число погибших людей в селитебной зоне вблизи объекта в результате воздействия опасных факторов пожара, взрыва превышает 10 человек;

Q_j — частота возникновения пожароопасной ситуации (пожара), год⁻¹.

Проведенные расчеты показали, что на рассматриваемом объекте не возникают пожары и взрывы, влекущие к гибели 10 и более человек в селитебной зоне. Следовательно, социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи объекта равен нулю.

8. Вывод

В результате проведенных расчетов получены следующие значения пожарных рисков:

- Индивидуальный пожарный риск в результате воздействия опасных факторов пожара на объекте для людей, находящихся в селитебной зоне, составляет $4,12 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$, что **превышает** нормативное значение 10^{-8} год^{-1} , установленное п. 4 ст. 93 федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]. Вместе с тем, согласно п. 4.1 ст. 93 [1], для производственных объектов, на которых для людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта, обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной стомиллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной миллионной в год. При этом должны быть предусмотрены средства оповещения людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения, о пожаре на производственном объекте, а также дополнительные инженерно-технические и организационные мероприятия по обеспечению их пожарной безопасности и социальной защите;




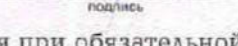
- Социальный пожарный риск воздействия опасных факторов пожара на объекте для людей, находящихся в селитебной зоне, составляет 0 год^{-1} , что **не превышает** нормативное значение 10^{-7} год^{-1} , установленное п. 5 ст. 93 федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

В соответствии со статьей 6 и статьей 93 федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1] пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной; при этом, согласно п. 4.1 статьи 93 [1], «должны быть предусмотрены средства оповещения людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения, о пожаре на производственном объекте, а также дополнительные инженерно-технические и организационные мероприятия по обеспечению их пожарной безопасности и социальной защите».

9. Перечень исходных данных и используемых источников информации

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Постановление Правительства РФ от 31.03.2009 № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».
3. 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).
4. Гордиенко Д.М., Шебко Ю.Н. и др. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. – М.: ВНИИПО, 2012. – 242 с.
5. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология».
6. СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика».
7. СТО Газпром 2-2.3-400-2009 «Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО "Газпром"».

10. Приложения

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р	
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ	
	СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ
№ РОСС RU.НА10.Н01417	по 19.11.2021
Срок действия с 20.11.2018	№ 0386356
ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ Орган по сертификации продукции машиностроения Общество с ограниченной ответственностью «Эксперт-Сертификация». Место нахождения: 305000, Российская Федерация, Курская область, город Курск, улица Почтовая, дом 23, помещение 8. Телефон: 84712770491, адрес электронной почты: info@ekspert-sert.ru. Аттестат аккредитации регистрационный № RA.RU.11HA10. Дата регистрации аттестата аккредитации 18.12.2017 года	
ПРОДУКЦИЯ Программный комплекс FireCat: Pyrosim, Pathfinder, FireRisk, FireCategories, PromRisk Серийный выпуск	код ОК 034-2014 (КПЕС 2008) 58.29.29.000
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ	
«Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (утвержденной приказом МЧС России №382 от 30.09.2009, с учетом изменений, вносимых в методику приказом МЧС России №749 от 12.12.2011 и приказом МЧС России №632 от 02.12.2015); «Методика определения расчетных величин пожарного риска на промышленных объектах» (утвержденной приказом МЧС России №404 от 10.07.2009) СП 12.13.130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»	код ТН ВЭД
ИЗГОТОВИТЕЛЬ ИП Карькин Илья Николаевич Адрес: 620062, РФ, г. Екатеринбург, ул. Первомайская 66 - 4 ИНН: 667008733913	
СЕРТИФИКАТ ВЫДАН ИП Карькин Илья Николаевич Адрес: 620062, РФ, г. Екатеринбург, ул. Первомайская 66 - 4 Телефон: +7 (343) 319-12-62, E-mail: mail@pyrosim.ru ИНН: 667008733913	
НА ОСНОВАНИИ протокола испытаний № 737-11/12-ЭСТ от 19.11.2018 года, выданного испытательной лабораторией «ЭС-Тест» Общества с ограниченной ответственностью «Эксперт-Сертификация», регистрационный № РОСС RU.31485.04ИДЮ0.005.	
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Схема сертификации: 3.	
	Руководитель органа Эксперт
	П.А. Андропов инициалы, фамилия
	Ю.С. Котова инициалы, фамилия
Сертификат не применяется при обязательной сертификации	

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
"ВСЕРОССИЙСКИЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОЧЕТА" НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ОБОРОНЫ"

ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН МЧС РОССИИ В ОБЛАСТИ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (ФАП ПБ)

РЕГИСТРАЦИОННОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 02.0004.01

от 21 ноября 2018 г.

Настоящее свидетельство выдано ИП Карькину И.Н. в том, что
представленный в ФАП ПБ

программный комплекс FireCat в составе:
PyroSim, Pathfinder, FireRisk, FireCategories, PromRisk

зарегистрирован за № 02.0004.01

Начальник
ФГБУ ВНИИПО МЧС России
полковник внутренней службы

Д.М. Гордиенко

" " 2018 г.





МЧС России

**Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий
стихийных бедствий**

Управление надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Архангельской области

Заключение нормативно-технического совета (протокол № 6 от 28 декабря 2017 года)

На согласование представлена документация: специальные технические условия на проектирование, в части обеспечения пожарной безопасности объекта: «Техническое перевооружение нефтебазы АО «Троица» с установкой пяти емкостей (3000 м³ в количестве 4-х шт., 1000 м³ в количестве 1 шт.), дополнительно к двум промежуточным емкостям (1000 м³ в количестве 2-х шт.), слива/налива ж/д и автоцистерн» АО «Троица», расположенная по адресу: 164520, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, 18 (далее – СТУ).

Общество с ограниченной ответственностью «01 ГРУПП». Адрес: 606037, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Петрищева, 29-53. Директор Фомичев В.А., Эксперт по вопросам пожарной безопасности Козлов В.Ю.
(наименование организации)

Акционерное общество «Троица». Юридический адрес: 164500, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, д.18. Генеральный директор Найда А.Б.
(наименование организации)

Генеральная проектная организация: ЗАО НПО «ТЕХКРАНЭНЕРГО». Адрес: 600009, г. Владимир, ул. Полины Осипенко, д. 66.
(наименование организации)

1. Необходимость разработки специальных технических условий (далее – СТУ):

Необходимость разработки СТУ обусловлена отсутствием и недостатком нормативных требований по пожарной безопасности для данного объекта строительства, а именно:

- противопожарным преградам, представляющим собой комбинацию противопожарных разрывов и противопожарных водяных завес, предусматриваемых вне зданий. Предусматривается также комбинация противопожарных разрывов, противопожарных стен и завесы;
- для складов нефтепродуктов (нефтебаз): размещаемых на причале.

2. Компенсирующие мероприятия и дополнительные требования пожарной безопасности:

С целью компенсации недостатка и отсутствия противопожарных требований пожарной безопасности, изложенных в п. 3 СТУ предусматриваются следующие противопожарные мероприятия, которые изложены в табличной форме.

№ п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
1	<p>Противопожарным преградам, представляющим собой комбинацию противопожарных разрывов и противопожарных водяных завес, предусматриваемых вне зданий.</p> <p>Предусматривается также комбинация противопожарных разрывов, противопожарных стен и завесы.</p>	<p>Для организации водяной завесы, предусматриваются стационарные установки с использованием веерных распылителей. Водяные завесы предусматриваются с ручным (с места размещения) и дистанционным (из помещения операторной с постоянным пребыванием людей) включением.</p> <p>Параметры завесы, создаваемой одним распылителем, составляют не менее: размер по вертикали (высота водяной завесы) - 7 м; размер по горизонтали (ширина водяной завесы) - 14 м; эффективная площадь - от 70 до 80 м²; эффективная толщина - 1 м.</p> <p>Границы (по горизонтали) водяной завесы должны выступать за проекцию эстакады и площадки эстакады, ограничивающей площадь возможного аварийного пролива, а также границы защищаемых зданий и резервуаров, не менее, чем на 1 метр в обе стороны.</p> <p>Расчетную продолжительность работы водяных завес на эстакаде следует принимать не менее промежутка времени, требуемого для гарантированного покидания железнодорожным составом участка ж/д пути от ближайшего к площадке железнодорожного семафора (по ходу движения ж/д состава) и до противоположной размещению этого семафора, границы площадки нефтебазы, но не менее 30 минут.</p>

№ п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
		<p>Расчетную продолжительность работы остальных водяных завес следует принимать не менее промежутка времени, требуемого для тушения пожара.</p> <p>Предел огнестойкости несущих конструкций навесов эстакады должен быть не менее R120. При этом водяное охлаждение указанных конструкций допускается не предусматривать.</p> <p>Эстакада должна быть оснащена стационарными системами водопенного пожаротушения и обеспечивающей подачу пены от станции пожаротушения объекта на все ж/д цистерны, размещаемые в секции эстакады, ограничивающей площадь возможного аварийного пролива нефтепродукта, в которой произошло загорание цистерны, а также на поверхность пролива продукта в этой секции. При этом подачу пены следует осуществлять сверху по всей длине цистерн, включая подачу пены в их открытые горловины.</p> <p>В качестве противопожарной преграды (в местах ее сокращения (сокращение п/п расстояния от резервуара с ТНП до трансформаторной подстанции (фактически 10 м вместо 30 м), сокращение п/п расстояния между операторной и насосной темных нефтепродуктов (фактически 1 м вместо 12 м)) предусматриваются противопожарные стены 1-го типа в сочетании с устройством водяной завесы с параметрами изложенными выше.</p> <p>При сокращении расстояний от резервуара с ТНП до насосной станции пожаротушения (фактически 15 м вместо 30 м), сокращение п/п расстояния от резервуара с ТНП до нефтеловушки (фактически 15 м вместо 20 м), сокращение п/п расстояния между сливо-наливного устройства причала до котельной (фактически 20 м вместо 40 м), сокращение п/п расстояния от железнодорожной сливо-наливной эстакады до операторной (фактически 10 м вместо 40 м), сокращение п/п расстояния между сливо-наливного устройства причала до АБК (фактически 10 м вместо 40 м), предусматривается устройство водяной завесы с параметрами изложенными выше.</p>

№ п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
		<p>Принятые решения подтвердить расчетом пожарного риска, выполненным по методике, утвержденной приказом МЧС РФ от 10.07 2009 г. № 404.</p> <p>Кровля, всех зданий где нарушены п\п расстояния, должна быть выполнена из негорючих материалов.</p>
2	<p>Для складов нефтепродуктов (нефтебаз): размещаемых на причале.</p>	<p>Контроль сварных швов трубопроводов радиографическим методом и дополнительный контроль сварных швов ультразвуковым методом.</p> <p>Установка датчиков, регистрирующих предельные параметры работы технологического оборудования (давления, температуры, засорения фильтров и т.д.) с автоматической блокировкой технологического процесса и выводом информации диспетчеру.</p> <p>Установка газоанализаторов, регистрирующих разгерметизацию технологического оборудования (разлива нефтепродукта).</p> <p>Установка продуваемой ограды из негорючих материалов высотой не менее 2 м.</p> <p>Обеспечение возможности перекачки из резервуара в резервуар в случае возникновения аварийной ситуации.</p> <p>В систему противопожарной защиты комплекса входят:</p> <ul style="list-style-type: none"> - конструктивные и технологические решения, обеспечивающие своевременную эвакуацию людей и их защиту от опасных факторов пожара; - устройства, ограничивающие образование горючей среды, площадь разлива нефтепродуктов, источников зажигания и распространения огня и дыма; - наружное противопожарное водоснабжение и стационарное пожаротушение (оборудование технологических площадок и нефтебазы установкой пенного пожаротушения на основе фторированного пленкообразующего пенообразователя и водяной завесой); - автоматическая пожарная сигнализация; - оповещение о пожаре и управление эвакуацией;

№ п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
		<p>-устройства для защиты резервуаров не менее двух пенных камер;</p> <p>-принятия расчетного времени тушения пожара равного 15 мин;</p> <p>-использования пенообразователя, рассчитанного на использование с применением морской воды;</p> <p>Предусмотрена разработка оперативного плана пожаротушения с описанием действий обслуживающего персонала при пожаре и согласования с ГУ МЧС России по Архангельской области оперативного плана пожаротушения.</p> <p>Обеспечивается передача сигнала о пожаре в автоматическом режиме в пожарную часть №7 г. Северодвинск, ул. Лесная, 48А.</p>

Дополнительные мероприятия, направленные на компенсирование недостающих норм проектирования и на отсутствие нормативных требований:

Общие требования:

Время прибытия ближайшего подразделения пожарной охраны не должно превышать 10 минут.

Открытая прокладка трубопроводов для систем пожаротушения и противопожарного водоснабжения допускается при выполнении следующего условия: предел огнестойкости опор трубопроводов, проходящих должен быть не менее REI 240. При этом допускается использовать многослойные огнезащитные покрытия. При этом следует предусмотреть мероприятия, обеспечивающие при воздействии пожара работоспособность в течение времени не менее необходимого для тушения пожара.

Требования к размещению зданий, сооружений и наружных установок на территории:

Генеральный план должен разрабатываться с учетом технологического зонирования, блоков зданий и сооружений.

Требования пожарной безопасности для организации пожаротушения на объекте:

Расчет наружного противопожарного водопровода площадки произвести в соответствии с СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности» и СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности».

Общий расход воды на наружное и внутреннее пожаротушение зданий, сооружений и наружных установок площадок принимать, как наибольший суммарный расход воды для нужд пожаротушения при возможном

возникновении одного пожара в одном из зданий, сооружении или наружной установки на территории.

Противопожарное водоснабжение на территории площадки должно обеспечиваться от пожарных гидрантов, расположенных на расстоянии не более 150 метров друг от друга.

Организационно-технические мероприятия:

В процессе строительства необходимо обеспечить:

приоритетное выполнение противопожарных мероприятий, предусмотренных нормативными документами по пожарной безопасности и настоящими СТУ;

соблюдение требований пожарной безопасности, установленных техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании»;

пожаробезопасное проведение строительных и монтажных работ;

наличие и исправное содержание средств противопожарной защиты.

До момента ввода объекта в эксплуатацию следует:

разработать специальные правила пожарной безопасности, учитывающие особенности объекта и специфику его пожарной опасности.

План тушения пожаров должен отражать организацию, связь, информирование и реагирование при различных размерах и условиях возникновения пожара и включать:

описания сигналов, схем, порядка оповещения;

распределение обязанностей между руководителями, координаторами, членами пожарных подразделений и соответствующие должностные инструкции;

перечень намеченных к применению сил и средств;

инструкцию по оценке обстановки, уровню реагирования и выбору вариантов действий;

описания средств связи и коммуникаций и другую необходимую информацию.

Компенсирующие инженерно – технические и организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при применении противопожарных преград, представляющим собой комбинацию противопожарных разрывов и противопожарных водяных завес, предусматриваемых вне зданий, а также комбинации противопожарных разрывов, противопожарных стен и завесы не противоречит положениям ч. 1 ст. 69 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». По принятым решениям предоставлено техническое заключение по оценке пожарного риска, подтверждающее соответствие пожарного риска на объекте защиты допустимым значениям, выполненное по методике, утвержденной приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404.

Подобные инженерно – технические и организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности ранее согласовывались нормативно-техническим советом Департамента надзорной деятельности МЧС России (заключение от 21.03.2013 № 4, протокол заседания Нормативно-технического совета ДНД МЧС России от 24.12.2009 № 17).

3. Решение нормативно-технического совета:

Рассмотрев специальные технические условия в части обеспечения пожарной безопасности по техническому перевооружению нефтебазы АО «Троица» с установкой пяти емкостей (3000 м³ в количестве 4-х шт., 1000 м³ в количестве 1 шт.), дополнительно к двум промежуточным емкостям (1000 м³ в количестве 2-х шт.), слива/налива ж/д и автоцистерн, расположенной по адресу: Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, 18, разработанные ООО «01 ГРУПП» и ознакомившись с комплексом инженерно – технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, а также представленным техническим заключением по оценке пожарного риска и учитывая ранее согласованные решения (заключение от 21.03.2013 № 4, протокол заседания Нормативно-технического совета ДНД МЧС России от 24.12.2009 № 17), нормативно-технический совет считает возможным согласиться с предлагаемыми техническими решениями.

При проектировании, строительстве и эксплуатации объекта должны быть соблюдены в полном объеме требования пожарной безопасности, изложенные в Федеральном законе от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и разработанных СТУ.

Ответственность за достоверность исходных данных и соответствие проведенных расчетов методике, утвержденной приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404, несет исполнитель работы.

Заместитель главного государственного инспектора
Архангельской области по пожарному надзору



А.А. Бахтин

Секретарь нормативно-технического совета

С.В. Лукачева

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

должность, наименование организации

АО «ТРОИЦА»

заказчика (инвестора)

Найда А.Б.

личная подпись

инициалы, фамилия

« » 2017 г.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

на проектирование, в части обеспечения пожарной безопасности объекта:
«Техническое перевооружение нефтебазы АО «Троица» с установкой пяти емкостей (3000 м³ в количестве 4-х шт., 1000 м³ в количестве 1 шт.), дополнительно к двум промежуточным емкостям (1000 м³ в количестве 2-х шт.), слива/налива ж/д и автоцистерн» АО «Троица», расположенная по адресу: 164520, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, 18.

Разработано:

Директор

ООО «01 ГРУПП»

(должность руководителя и наименование организации разработчика)



В.А. Фомичев

(инициалы, фамилия)


2017

Список исполнителей СТУ

Руководитель разработки:

Директор

(должность)


(личная подпись)


В.А. Фомичев

(инициалы, фамилия)

Исполнители:

Эксперт по вопросам
пожарной безопасности

(должность)


(личная подпись)

В.Ю. Козлов

(инициалы, фамилия)

Содержание

1. Общие положения.....	
2. Правовые основания для разработки СТУ.....	
3. Необходимость разработки СТУ.....	
4. Область применения.....	
5. Краткое описание объекта объекта и анализ пожарной опасности объекта.....	
6. Перечень нормативно-правовых актов и нормативных документов.....	
7. Термины и определения.....	
8. Дополнительные меры направленные на компенсирование недостающих норм проектирования на отсутствие нормативных требований.	
8.1. Область применения.....	
8.2. Требования пожарной безопасности для организации пожаротушения на объекте.....	
9. Организационно-технические мероприятия.....	

1. Общие положения

1.1. Наименование и адрес объекта

Объект: «Нефтебаза АО «Троица»

Расположенная по адресу: 164520, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, 18.

1.2. Сведения о заказчике строительства

Акционерное общество «Троица»

ИНН 2902006220 КПП 290201001

Юридический адрес: 164500, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, д. 18

р/с 40702810404260111668 в Отделение №8637 Сбербанка России, Архангельск

БИК: 041117601, к/сч 30101810100000000601

1.3. Сведения о генеральной проектной организации

ЗАО НПО «ТЕХКРАНЭНЕРГО»

600009 г. Владимир, ул. Полины Осипенко, д. 66.

Тел. (4922) 33-15-50

БИК 041708602

К/с 30101810000000000602

Р/с 40702810810040100419

ИНН 3328401520

КПП 332801001

Владимирское отделение Сбербанка России №8611 г. Владимира

e-mail: zema@tkd.ru

1.4. Сведения о разработчике СТУ

ООО «01 ГРУПП»;

ИНН 5249123708;

КПП 524901001;

ОГРН 1125249006079;

Расчетный счет: 40702810742160005569 в Волго-Вятском банке Сбербанка РФ в г. Нижнем Новгороде;

К/с 30101810900000000603;

БИК 042202603;

Адрес: 606037, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Петрищева, 29-53.

Телефон: 291-45-30.

Директор – Фомичев Владимир Андреевич

E-mail: vlaфом@mail.ru.

Общество с ограниченной ответственностью ««01 ГРУПП» аккредитована МЧС России в качестве организации, осуществляющей деятельность по

направлению: обследование объекта защиты, проведение расчетов по оценке пожарного риска, подготовка вывода о выполнении (невыполнении) условий соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности и разработка мер по обеспечению выполнения условий, при которых объект защиты будет соответствовать требованиям пожарной безопасности.

Свидетельство об аккредитации выдано 29.08.2013 г. №660/В/0532.

2. Основания для разработки СТУ

Специальные технические условия на проектирование, в части обеспечения пожарной безопасности разработаны на основании:

п.8 ст.6 Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

ст. 20 Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;

п. 2 ст. 78 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

п. 5 Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87.

приказ МЧС России от 28.11.2011 г. № 710 "Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий предоставления государственной услуги по согласованию специальных технических условий для объектов, в отношении которых отсутствуют требования пожарной безопасности, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации и нормативными документами по пожарной безопасности, отражающих специфику обеспечения их пожарной безопасности и содержащих комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению их пожарной безопасности";

приказа Минстроя России №248/ПР от 15.04.2016 г. «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства».

3. Необходимость разработки СТУ

Необходимость разработки СТУ обусловлена отсутствием и недостатком нормативных требований по пожарной безопасности для данного объекта строительства, а именно:

- противопожарным преградам, представляющим собой комбинацию противопожарных разрывов и противопожарных водяных завес, предусматриваемых вне зданий. Предусматривается также комбинация п/п разрывов, п/п стен и завесы.

- Для складов нефтепродуктов (нефтебаз): размещаемых на причале.

4. Область применения

4.1. Настоящие специальные технические условия, распространяются только на здания, сооружения и наружные установки, входящие в состав «Нефтебаза АО «Троица», расположенной по адресу: 164520, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, 18 не могут быть частично или полностью распространены на другие объекты.

4.2. В настоящем СТУ приведены нормы, содержащие технические требования на проектирование объекта, в части обеспечения пожарной безопасности, и не рассматриваются другие аспекты обеспечения его безопасности и эксплуатационной надежности.

4.3. СТУ являются техническими нормами, содержащие (применительно к данному объекту) дополнительные и отсутствующие технические требования в области пожарной безопасности, отражающие особенности объекта.

4.4. Разработка СТУ выполнена с учётом всех требований действующих законодательных и нормативных документов Российской Федерации.

4.5. Требования, не указанные в СТУ, следует предусматривать в соответствии с действующими нормативными документами по пожарной безопасности.

5. Краткое описание объекта и анализ пожарной опасности

«Техническое перевооружение нефтебазы АО «Троица» с установкой пяти емкостей (3000 м³ в количестве 4-х шт., 1000 м³ в количестве 1 шт.), дополнительно к двум промежуточным емкостям (1000 м³ в количестве 2-х шт.), слива/налива ж/д и автоцистерн» АО «Троица».

Нефтебаза АО «Троица» является самостоятельным объектом, обеспечивающим перевалку нефтепродуктов. Нефтебаза АО «Троица» расположена по адресу: 164520, Архангельская область, г. Северодвинск, проезд Чаячий, 18.

Нефтебаза АО «Троица» выполняет функцию перевалки темных и светлых нефтепродуктов с железнодорожных цистерн в морские танкеры и автомобильные цистерны. На территории нефтебазы имеется железнодорожный путь для приема железнодорожных вагонов-цистерн, тупик с электрической лебедкой. Объем перевалки не менее 9000 тонн в месяц.

- по назначению – перевалочная (перевалка с железнодорожного транспорта на водный и автомобильный транспорт) – ВНТП 5-95 раздел 2.

- по транспортным связям водно– железнодорожная – ВНТП 5-95 раздел 2

Общая вместимость:

- 2500 тонн танкерное хранение мазута
- 1800 тонн хранением мазута в резервуаре
- 1500 тонн танкерное хранение дизельное топливо
- 300 тонн хранение дизельного топлива в РГС

Тип ОПО 3.2, III класс опасности по 116-ФЗ.

Режим работы 365 дней в году (прием/отпуск).

Грузооборот 150 000-400000 тонн в год – 2 класс в соответствии с ВНТП 5-95
таблица 1.

На территории нефтебазы имеется модульная паровая котельная производительностью 6,4 т/час, для технологических нужд.

На территории нефтебазы проектируется резервуарный парк объемом резервуара РВС –3000 м³, РВС –1000 м³, насосная станция с пятью электронасосными агрегатами, сливноналивная площадка под навесом для автоцистерн объемом 33 куб. м, подземные емкости для сбора сточных (с нефтепродуктами).

Тушение пожаров в аварийных ситуациях осуществляется силами пожарной части ПЧ-7 г. Северодвинск, ул. Лесная, 48А находящейся на расстоянии 4,32 км от нефтебазы. Прибытие пожарного подразделения в порт составит не более 10 минут.

Оснащение нефтебазы первичными средствами пожаротушения соответствует требованиям приложения Правил противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390.

Для защиты окружающей среды от проливов, возможных на территории нефтебазы имеются приемные подземные резервуары для сбора случайных (аварийных) проливов и дождевых стоков.

Техническое перевооружение нефтебазы предусматривает:

- установку одного промежуточного вертикального стального резервуара (РВСП-1000с ограничением налива 897 м³), приведенной вместимости 900 м³, и четырех вертикальных стальных резервуаров (РВС-3000с ограничением налива 2700 м³), приведенной вместимости 10800 м³. Резервуары размещены в проектируемом резервуарном парке по плану, предусмотрено обвалование каждого РВС.

Светлые нефтепродукты: два РВС-3000;

Темные нефтепродукты: один РВС-1000 и один РВС-3000;

Кроме того предусмотрен один РВС-3000 в качестве аварийного.

Вертикальные резервуары оснащены приборами КИП, молниеприемниками, площадками обслуживания, шахтными лестницами, оборудованием безопасности (проект РВС-1000 и РВС-3000 разработан ООО «ПСК Нефтехим»).

- установку пяти электронасосных агрегатов производительностью до 150 м³/ч в проектируемой насосной станции по плану.

- изменение существующей железнодорожной эстакады слива-налива длиной 72 м под прием шести железнодорожных вагонов-цистерн.

- установку наливной автомобильной эстакады под навесом для приема двух автомобильной цистерн объемом 33 куб.м.

- существующая емкость для сбора аварийных проливов и сточных вод с автомобильной площадки (с нефтепродуктами).
- пожарные проезды.
- прокладку новых технологических трубопроводов от насосной станции до проектируемого промежуточного резервуарного парка, от промежуточного резервуарного парка до проектируемой автомобильной эстакады слива-налива. Трубопроводы проектируются надземно на низких опорах, при прохождении через железнодорожные пути и автомобильные дороги трубопроводы прокладываются подземно в футлярах.
- установку электроприводных задвижек на трубопроводах нагнетания и всасывающих проектируемых насосов. Электроприводные задвижки установлены вблизи обвалования проектируемого резервуарного парка (Узел запорно - регулирующей арматуры), на трубопроводах слива с железнодорожной эстакады (требования к технологическому оборудованию п. 5.3 «Сливоналивные эстакады для легковоспламеняющихся. Горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов. Требования пожарной безопасности»).
- прокладку новых технологических канализационных трубопроводов для сбора дождевых вод с территории проектируемого резервуарного парка, с территории автомобильной наливной площадки в проектируемый подземный резервуар.
- аварийные проливы локального характера ликвидируются силами обслуживающего персонала, в соответствии с ПЛАРН.
- установку сигнализаторов взрывных концентраций на территории проектируемого резервуарного парка, площадки налива, в насосной станции, на территории узла запорно-регулирующей арматуры.
- техническое перевооружение затрагивает все здания и сооружения нефтебазы за исключением здания котельной и административно-бытового корпуса.

Основные технологические решения

Проектом предусмотрены следующие технологические операции:

- перевалка светлых нефтепродуктов (дизельное топливо лето/зима, авиационный керосин, газовый конденсат и др.) с железнодорожной эстакады в проектируемый резервуарный парк, на площадку налива в АЦ и в морской танкер (потребитель)
- перевалка светлых нефтепродуктов (дизельное топливо лето/зима, авиационный керосин, газовый конденсат и др.) из танкерного хранилища в железнодорожные вагоны-цистерны, на автомобильные цистерны
- перевалка светлых нефтепродуктов (дизельное топливо лето/зима, авиационный керосин, газовый конденсат и др.) из проектируемого резервуарного парка в автоцистерны посредством проектируемых автоматизированных устройств налива типа АСН

- внутрипарковые перекачки нефтепродуктов из одного промежуточного резервуара в другой, в танкерное хранение.

В насосной станции вновь устанавливается пять электронасосов во взрывозащищенном исполнении. Производительность до 150 м³/ч.

На коллекторах наполнения и перекачки предусмотрена установка электроприводной отсечной арматуры с местным и дистанционным управлением из операторной для оперативного отключения коллекторов в случае аварии в резервуарном парке или в насосной. Предусмотрена сигнализация положения «открыто/закрыто» отсечной электроприводной арматуры в операторной.

Проектом предусмотрена возможность перекачивания светлых нефтепродуктов:

- с железнодорожной эстакады в резервуары,
- с железнодорожной эстакады в автомобильные цистерны,
- с железнодорожной эстакады потребителю (танкер)
- с танкерного хранения в железнодорожные цистерны,
- с танкерного хранения в резервуары,
- с танкерного хранения в автомобильные цистерны,
- с резервуарного парка на железнодорожные цистерны,
- с резервуарного парка потребителю (танкер),
- внутрипарковая перекачка и т.д.

От насосной станции прокладываются технологические, трубопроводы ДУ 150-200.

Описание технологической схемы налива нефтепродуктов в промежуточные емкости.

Светлые нефтепродукты насосами подаются в резервуары.

Технологической схемой предусмотрена возможность перекачки содержимого из одного резервуара в другой.

На трубопроводах входа и выхода нефтепродуктов у каждого резервуара предусмотрена установка арматуры с электроприводом, расположенная за пределами обвалования (узел запорно-регулирующей арматуры), дублирующей ручные «коренные» задвижки, установленные внутри обвалования.

Электроприводная арматура задействована в схемах аварийных блокировок, ее быстрое действие определено с учетом категории взрывоопасности технологических блоков:

- у резервуаров проектируемого резервуарного парка (блок III категории взрывоопасности) - не более 120 с п. 3.20.3 ФНП №96 от 11.03.2013. «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» Предусмотрено дистанционное управление этой арматурой из операторной и сигнализаций «открыто - закрыто».

Резервуары проектируемого парка оснащены:

- вентиляционными патрубками - 2 шт.
- приборами контроля и сигнализации уровня нефтепродукта, плотности и уровня подтоварной воды
- штуцерами входа и выхода нефтепродукта Ду 150-200
- устройствами для слива остатков нефтепродуктов из резервуаров
- сифонными кранами для слива подтоварной воды
- люком лазом $\varnothing 600$ мм
- световым люком, 2 шт. - $\varnothing 500$ мм
- дыхательными клапанами - 2 шт.
- датчиком температуры
- пеногенератором ГПС 600,
- уровнемерами.

Показания приборов контроля уровня выведены в операторную с регистрацией показаний и сигнализацией при достижении предупредительных максимального и минимальных значений уровня.

Для предупреждения возникновения аварийных ситуаций, предусмотрены следующие блокировки:

- отключение подающего насоса, установленного в насосной станции и закрытие отсечной электроприводной арматуры на входе в резервуар при достижении предельно-допустимого максимального значения уровня
- отключение насосов налива, при достижении предельно-допустимого значения уровня

Вновь проектируемые резервуары оснащены тремя точками сигнализации предельно-допустимого максимального значения уровня.

Слив подтоварной воды из вновь проектируемых резервуаров осуществляется через сифонные краны по съемным трубопроводам в передвижную технику.

Для предотвращения повышения давления в трубопроводах, заполненных полностью нефтепродуктами и отсеченные арматурой, в случае повышения температуры наружного воздуха, предусмотрена установка предохранительных сбросных клапанов п. 5.6.1., 5.6.8 ФНП №96 от 11.03.2013. «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».

Сбор дождевых вод с обвалования и автомобильной площадки предусмотрен по проектируемой системе канализации в маслобензоуловитель и далее емкость рассеивателя, с железнодорожной эстакады - в емкость. Из емкости дождевые воды посредством передвижной техники направляются на утилизацию.

Контроль загазованности парами нефтепродуктов по периметру проектируемого резервуарного парка осуществляется с помощью газоанализаторов с регистрацией и сигнализацией в операторной при достижении предупредительного

максимального значения и блокировкой: электроприводных задвижек и отключением насосов.

Описание технологической схемы налива нефтепродуктов в автомобильную цистерну.

Налив нефтепродуктов в автоцистерны предусмотрен с помощью устройства верхнего налива АСН

Прокладка технологических трубопроводов до площадки налива в автоцистерны выполнена подземно, трубопроводы подводятся непосредственно к стояку налива. Отвод паров из автоцистерн при наливе осуществляется через специальное устройство на уплотнительном корпусе наливного стояка по системе трубопроводов через огнепреградитель в атмосферу.

Решения на отсутствия нормативных требований

Данные СТУ устанавливают комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, реализация которых позволит осуществить проектирование и строительство с соблюдением требуемого уровня пожарной безопасности.

С целью компенсации недостатка и отсутствия противопожарных требований пожарной безопасности, изложенных в п. 3, СТУ предусматриваются следующие противопожарные мероприятия, которые изложены в табличной форме.

Таблица № 1

№п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
1	Противопожарным преградам, представляющим собой комбинацию противопожарных разрывов и противопожарных водяных завес, предусматриваемых вне зданий. Предусматривается также комбинация п/п разрывов, п/п стен и завесы.	<p>Для организации водяной завесы, предусматриваются стационарные установки с использованием веерных распылителей. Водяные завесы предусматриваются с ручным (с места размещения) и дистанционным (из помещения операторной с постоянным пребыванием людей) включением.</p> <p>Параметры завесы, создаваемой одним распылителем, составляют не менее: размер по вертикали (высота водяной завесы) - 7 м; размер по горизонтали (ширина водяной завесы) - 14 м; эффективная площадь - от 70 до 80 м²; эффективная толщина - 1 м.</p> <p>Границы (по горизонтали) водяной</p>

№п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
		<p>завесы должны выступать за проекцию эстакады и площадки эстакады, ограничивающей площадь возможного аварийного пролива, а также границы защищаемых зданий и резервуаров, не менее, чем на 1 метр в обе стороны.</p> <p>Расчетную продолжительность работы водяных завес на эстакаде следует принимать не менее промежутка времени, требуемого для гарантированного покидания железнодорожным составом участка ж/д пути от ближайшего к площадке железнодорожного семафора (по ходу движения ж/д состава) и до противоположной размещению этого семафора, границы площадки нефтебазы, но не менее 30 минут.</p> <p>Расчетную продолжительность работы остальных водяных завес следует принимать не менее промежутка времени, требуемого для тушения пожара.</p> <p>Предел огнестойкости несущих конструкций навесов эстакады должен быть не менее R120. При этом водяное охлаждение указанных конструкций допускается не предусматривать.</p> <p>Эстакада должна быть оснащена стационарными системами водопенного пожаротушения и обеспечивающей подачу пены от станции пожаротушения объекта на все ж/д цистерны, размещаемые в секции эстакады, ограничивающей площадь возможного аварийного пролива нефтепродукта, в которой произошло загорание цистерны, а также на поверхность пролива продукта в этой секции. При этом подачу пены следует осуществлять сверху по всей длине цистерн, включая подачу пены в их откры-</p>

№п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
		<p>тые горловины.</p> <p>В качестве противопожарной преграды (в местах ее сокращения (сокращение п/п расстояния от резервуара с ТНП до трансформаторной подстанции (фактически 10 м вместо 30 м), сокращение п/п расстояния между операторной и насосной емкостей нефтепродуктов (фактически 1 м вместо 12 м)) предусматриваются противопожарные стены 1-го типа в сочетании с устройством водяной завесы с параметрами изложенными выше.</p> <p>При сокращении расстояний от резервуара с ТНП до насосной станции пожаротушения (фактически 15 м вместо 30 м), сокращение п/п расстояния от резервуара с ТНП до нефтеловушки (фактически 15 м вместо 20 м), сокращение п/п расстояния между сливо-наливного устройства причала до котельной (фактически 20 м вместо 40 м), сокращение п/п расстояния от железнодорожной сливо-наливной эстакады до операторной (фактически 10 м вместо 40 м), сокращение п/п расстояния между сливо-наливного устройства причала до АБК (фактически 10 м вместо 40 м), предусматривается устройство водяной завесы с параметрами изложенными выше.</p> <p>Принятые решения подтвердить расчетом пожарного риска, выполненным по методике, утвержденной приказом МЧС РФ от 10.07 2009 г. № 404.</p> <p>Кровля, всех зданий где нарушены п/п расстояния, должна быть выполнена из негорючих материалов.</p>
	Для складов нефтепродук-	Контроль сварных швов трубопро-

№п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
	тов (нефтебаз): размещаемых на причале.	<p>водов радиографическим методом и дополнительный контроль сварных швов ультразвуковым методом.</p> <p>Установка датчиков, регистрирующих запредельные параметры работы технологического оборудования (давления, температуры, засорения фильтров и т.д.) с автоматической блокировкой технологического процесса и выводом информации диспетчеру.</p> <p>Установка газоанализаторов, регистрирующих разгерметизацию технологического оборудования (разлива нефтепродукта).</p> <p>Установка продуваемой ограды из негорючих материалов высотой не менее 2 м.</p> <p>Обеспечение возможности перекачки из резервуара в резервуар в случае возникновения аварийной ситуации.</p> <p>В систему противопожарной защиты комплекса входят:</p> <ul style="list-style-type: none"> - конструктивные и технологические решения, обеспечивающие своевременную эвакуацию людей и их защиту от опасных факторов пожара; - устройства, ограничивающие образование горючей среды, площадь разлива нефтепродуктов, источников зажигания и распространения огня и дыма; - наружное противопожарное водоснабжение и стационарное пожаротушение (оборудование технологических площадок и нефтебазы установкой пенного пожаротушения на основе фторированного пленкообразующего пенообразователя и водяной завесой); - автоматическая пожарная сигнализация;

№п/п	Отсутствие и недостаточность нормативных требований	Компенсирующие мероприятия
		<p>- оповещение о пожаре и управление эвакуацией;</p> <p>-устройства для защиты резервуаров не менее двух пенных камер;</p> <p>-принятия расчетного времени тушения пожара равного 15 мин;</p> <p>-использования пенообразователя, рассчитанного на использование с применением морской воды;</p> <p>Предусмотрена разработка оперативного плана пожаротушения с описанием действий обслуживающего персонала при пожаре и согласования с ГУ МЧС России по Архангельской области оперативного плана пожаротушения.</p> <p>Обеспечивается передача сигнала о пожаре в автоматическом режиме в пожарную часть №7 г. Северодвинск, ул Лесная, 48А.</p>

6. Перечень нормативно-правовых актов и нормативных документов

В настоящих СТУ приведены ссылки на следующие нормативные правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности:

Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – ФЗ-123);

Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;

Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ;

Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. N 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;

Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме»;

СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности»;

СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности».

СНиП 34-02-99. Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки;
СП 31.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*;

СП 155.13130.2014 "Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности"

Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (в ред. Приказом МЧС России от 14 декабря 2010 г. № 649).

7. Термины и определения

7.1. В СТУ используются термины и определения, приведённые в Федеральных законах от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ, от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ, в ГОСТ 12.1.033-81*, а также в нормативно-правовых актах и нормативных документах, указанных в соответствующем разделе СТУ.

8. Дополнительные мероприятия, направленные на компенсирование недостающих норм проектирования и на отсутствие нормативных требований

8.1. Общие требования

8.1.1. Время прибытия ближайшего подразделения пожарной охраны не должно превышать 10 минут.

8.1.2. Открытая прокладка трубопроводов для систем пожаротушения и противопожарного водоснабжения допускается при выполнении следующего условия: предел огнестойкости опор трубопроводов, проходящих должен быть не менее REI 240. При этом допускается использовать многослойные огнезащитные покрытия. При этом следует предусмотреть мероприятия, обеспечивающие при воздействии пожара работоспособность в течение времени не менее необходимого для тушения пожара.

8.2. Требования к размещению зданий, сооружений и наружных установок на территории

8.2.1. Генеральный план должен разрабатываться с учетом технологического зонирования, блоков зданий и сооружений.

8.3. Требования пожарной безопасности для организации пожаротушения на объекте

8.3.1. Расчет наружного противопожарного водопровода площадки произвести в соответствии с СП 8.13130.2009 и СП 155.13130.2014.

8.3.2. Общий расход воды на наружное и внутреннее пожаротушение зданий, сооружений и наружных установок площадок принимать, как наибольший суммарный расход воды для нужд пожаротушения при возможном возникновении одного пожара в одном из зданий, сооружении или наружной установки на территории.

8.3.3. Противопожарное водоснабжение на территории площадки должно обеспечиваться от пожарных гидрантов, расположенных на расстоянии не более 150 метров друг от друга.

9. Организационно-технические мероприятия

9.1. В процессе строительства необходимо обеспечить:

приоритетное выполнение противопожарных мероприятий, предусмотренных нормативными документами по пожарной безопасности и настоящими СТУ; соблюдение требований пожарной безопасности, установленных техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании»;

пожаробезопасное проведение строительных и монтажных работ;

наличие и исправное содержание средств противопожарной защиты.

9.2. До момента ввода объекта в эксплуатацию следует:

разработать специальные правила пожарной безопасности, учитывающие особенности объекта и специфику его пожарной опасности.

9.3. План тушения пожаров должен отражать организацию, связь, информирование и реагирование при различных размерах и условиях возникновения пожара и включать:

описания сигналов, схем, порядка оповещения;

распределение обязанностей между руководителями, координаторами, членами пожарных подразделений и соответствующие должностные инструкции;

перечень намеченных к применению сил и средств;

инструкцию по оценке обстановки, уровню реагирования и выбору вариантов действий;

описания средств связи и коммуникаций и другую необходимую информацию.

Прошито и пронумеровано и скреплено
печатью 17 листа(ов).

Должность,

ФИО

Рефкер

В.Н. Родина

(подпись)

20

года

М.П.

Согласовано письмом УНДиПР Главного управления
МЧС России по Архангельской области

от *29.12.11* № *9039* -2-2-12

Заместитель начальника УНДиПР Главного управления
МЧС России по Архангельской области

[Подпись]
А.А. Бахтин



Общество с ограниченной ответственностью "Завод специальных химических продуктов", ИНН 6911023250, КПП 772401001, 115446, Москва г, Коломенский проезд, дом № 8, корпус 4, тел.: (495)783-71-57, р/с 40702810701300015219, в банке АО "АЛЬФА-БАНК", БИК 044525593, к/с 30101810200000000593
организация-грузополучатель, адрес, телефон, факс, банковские реквизиты

Форма по ОКУД 0330212
по ОКПО 78148123

структурное подразделение

Грузополучатель Акционерное Общество «Троица», ИНН 2902006220, КПП 290201001, 164520, Архангельская обл, Северодвинск г, Чайный проезд, дом № 18, тел.: +7 (8184) 50-05-09, р/с 40702810404260111668, в банке АРХАНГЕЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ № 8637 ПАО СБЕРБАНК, БИК 041117601, к/с 30101810100000000601
организация, адрес, телефон, факс, банковские реквизиты

Вид деятельности по ОКДП
по ОКПО 26773886

Поставщик Общество с ограниченной ответственностью "Завод специальных химических продуктов", ИНН 6911023250, КПП 772401001, 115446, Москва г, Коломенский проезд, дом № 8, корпус 4, тел.: (495)783-71-57, р/с 40702810701300015219, в банке АО "АЛЬФА-БАНК", БИК 044525593, к/с 30101810200000000593
организация, адрес, телефон, факс, банковские реквизиты

по ОКПО 78148123

Платательщик Акционерное Общество «Троица», ИНН 2902006220, КПП 290201001, 164520, Архангельская обл, Северодвинск г, Чайный проезд, дом № 18, тел.: +7 (8184) 50-05-09, р/с 40702810404260111668, в банке АРХАНГЕЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ № 8637 ПАО СБЕРБАНК, БИК 041117601, к/с 30101810100000000601
организация, адрес, телефон, факс, банковские реквизиты

по ОКПО 26773886

Основание Договор поставки № 70-19/СХП от 19.09.2019г.

договор, заказ-наряд

ТОВАРНАЯ НАКЛАДНАЯ

Номер документа	Дата составления
523	03.12.2019

Транспортная накладная

Вид операции

номер 70-19/СХП
дата 19.09.2019
номер
дата

Но- мер по по- рядку	Товар		Единица измерения		Вид упаков ки	Количество		Масса брутто	Коли- чество (масса нетто)	Цена, руб. коп.	Сумма без учета НДС, руб. коп.	НДС		Сумма с учетом НДС, руб. коп.
	наименование, характеристика, сорт, артикул товара	код	наименование	код по ОКЕИ		в одном месте	штук					ставка, %	сумма, руб. коп.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Пенообразователь ПО- РЗМ Морпена (6%) тем.застывания - 35С (в кубах)	00000001321	т	168					8,900	65 800,00	585 620,00	20%	117 124,00	702 744,00
Итого									8,900	X	585 620,00	X	117 124,00	702 744,00
Всего по накладной									8,900	X	585 620,00	X	117 124,00	702 744,00

Страница 1

Товарная накладная имеет приложение на
и содержит Один

прописью

порядковых номеров записей

Масса груза (нетто)

Восемь и 0,9 тонн

8,900

Всего мест

Девять

Масса груза (брутто)

прописью

прописью

Приложение (паспорта, сертификаты и т.п.) на

прописью

листах

Всего отпущено на сумму

Семьсот две тысячи семьсот сорок четыре рубля 00 копеек

прописью

Заместитель
генерального
директора

Отпуск груза разрешил

подпись

Качкина Т.Ю.

расшифровка подписи

Главный (старший) бухгалтер

Заместитель
генерального
директора

Качкина Т.Ю.

расшифровка подписи

Отпуск груза произвел

подпись

Качкина Т.Ю.

расшифровка подписи

"03" декабря

2019 года

По доверенности № 19

от 26.11.2019

выданной

АО "Троица"

кем, кому (организация, должность, фамилия, и. о.)

Кузнецов Дмитрий Леонидович

Груз принял

подпись

Кузнецов Дмитрий Леонидович

расшифровка подписи

Груз получил
грузополучатель

подпись

расшифровка подписи

М.П.

ТРОИЦА

19 12 2019 года

