

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии  
и техногенной безопасности

**Обеспечение безопасности эксплуатации вертикальных резервуаров при  
хранении светлых нефтепродуктов**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

код и наименование направления, специальности

Института Химии

**Бурец Ирины Юрьевны**

Научный руководитель

доцент, к.воен.н., доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

М.И. Иванюков

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Нефть — это не только топливо для транспортных средств, но и основа чуть ли не для большинства производимых товаров. Она используется почти во всех сферах производства, начиная с синтетических каучуков и ядохимикатов и заканчивая продуктами питания и лекарствами.

В наше время происходит прирост населения на планете, а вместе с этим осуществляется и повышение потребления нефтепродуктов, то есть рост количества добываемой нефти. Это значит, что возрастает и необходимость в хранилищах для этого сырья. Для хранения нефти и ее производных существуют специальные резервуарные парки. По специфике функциональной деятельности эти парки и резервуары, находящиеся на их территориях подразделены на категории, которые нужны не только для хранения нефтяного продукта, но и для его перекачки.

Хотя масштабность мероприятий по обеспечению пожарной безопасности резервуарных парков находится на высоком уровне, чрезвычайные ситуации, которые связаны с пожарами, случаются в них как в нашей стране, так и за рубежом.

Актуальность работы заключается в том, что резервуарные парки являются опасными объектами по возникновению пожаров и взрывов, которые нуждаются в постоянном и своевременном переоборудовании с учетом новых современных средств пожарной защиты.

Объектом исследования был выбран резервуарный парк Нефтеперерабатывающего завод Производство №4. Резервуарный парк товарной продукции.

Целью данной работы является повышение безопасности эксплуатации вертикальных резервуаров.

В соответствии с данной целью были поставлены следующие задачи:

1. Ознакомиться с нормативно-правовой базой, которая является регламентирующим документом для проектировки и строительству резервуаров и резервуарных парков;

2. Изучить строение резервуарного парка, технологический процесс,
3. Определить зависимость избыточного давления при аварии на резервуаре – взрыве газопаровоздушной смеси светлого нефтепродукта.
4. Разработать перечень мероприятий, позволяющих понизить количество аварий на производственном объекте.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Характеристика производственной деятельности предприятия**

Нефтеперерабатывающий завод - это энергоемкое, многопрофильное предприятие с непрерывным технологическим процессом, предназначенным для переработки нефти.

В состав предприятия входят 4 производства и вспомогательные структурные подразделения:

1. Производство №1 - включает в себя: ЭЛОУ-АВТ-6 – установку первичной переработки сернистой нефти.
2. Производство №2 - состоит из: установки каталитического риформирования, установки гидроочистки дизельного топлива.
3. Производство №3 Водопарогасоснабжение, промканализация и очистные сооружения - в его состав входят: БНС, БОВ-4, установка химводоочистки, воздушная компрессорная, факельная установка, МОПС, БОВС.
4. Производство №4 - состоит из резервуарного парка товарной продукции, резервуарного парка паспортной продукции, галерейной эстакады слива нефти и налива темных нефтепродуктов, железнодорожной эстакады слива, налива светлых нефтепродуктов, причала.
5. Отдел технического надзора
6. Испытательная лаборатория – управление контроля качества
7. Электроцех

8. Цех контрольно-измерительных приборов
9. Ремонтный цех
10. База оборудования
11. Санитарная лаборатория

### **Характеристика участка товарной продукции**

Товарная продукция – это продукция, выработанная для реализации и передачи другому цеху. Товарная продукция хранится в резервуарных парках.

Резервуарные парки – это неотъемлемая часть системы магистрального нефтепровода, которая представляет собой систему сооружений, содержащих нефть и нефтепродукты.

Резервуарные парки необходимы:

1. Для приема нефти от организаций, занимающихся ее добычей;
2. Для учета нефти;
3. Для обеспечения заданных свойств нефти, включающих компаундирование;
4. Для хранения с целью возмещения неравномерности приема-отпуска нефти.

Участок резервуарного парка товарной продукции предназначен для приема компонентов бензина, дизельного топлива, приготовления товарной продукции, перекачки ее в РП(ПП) и для отгрузки готовой продукции (дизельное топливо) самотеком по трубопроводам.

В состав участка резервуарного парка входит: единая операторная; резервуарный парк; товарная насосная; сырьевая насосная; технологические трубопроводы.

Резервуарный парк состоит из наземных вертикальных, стальных резервуаров, которые предназначены для приема, хранения и отгрузки нефтепродуктов.

На участке РП(ПП) производятся приготовление и отгрузка бензинов неэтилированных автомобильных (АИ-92, АИ-95); БГС; дизельное топливо.

РВС – вертикальная ёмкость, наземное объёмное строительное сооружение, предназначенное для приёма, хранения, подготовки, учёта и выдачи жидких продуктов.

Вертикальные стальные резервуары изготавливают внутренним объёмом 100 — 120000м<sup>3</sup>, при необходимости их объединяют в группу резервуаров, сосредоточенных в одном месте, — «резервуарный парк», включающий в себя: резервуары, технологические трубопроводы, насосное оборудование, средства контроля качества товарной продукции, узел учёта отгружаемой продукции, средства пожаротушения и защиты окружающей среды. РВС предназначены для следующих условий эксплуатации:

1. Приём, хранение, выдача и учёт (количественный и качественный) нефтесодержащих стоков, нефти и нефтепродуктов;
2. Хранение и отстой пластовой воды и механических примесей;
3. Хранение пожарной или питьевой воды;
4. Хранение жидких пищевых (при условии обеспечения санитарно-гигиенических норм), агрессивных химических продуктов, минеральных удобрений;
5. Смешение нефти и нефтепродуктов.

Классификация РВС:

По назначению РВС подразделяют на:

1. Сырьевые резервуары — для хранения сырой нефти;
2. Технологические резервуары — для сброса пластовой воды, отстоя и подрезки нефти;
3. Товарные РВС — для хранения товарной нефти.
4. Хранения товарной продукции

Резервуары по конструктивным особенностям подразделяются на резервуар со стационарной крышей, с понтоном и без него, а также резервуары с плавающей крышей.

Тип резервуара зависит от классификации нефти и нефтепродуктов по температуре вспышки и давлению насыщенных паров при температуре хранения.

Срок службы резервуаров назначается заказчиком и определяется при проектировании. В конце срока службы резервуара его ремонт невозможен либо нецелесообразен по экономическим причинам.

Общий срок службы резервуаров обеспечивается выбором материала, учётом температурных, силовых и коррозионных воздействий, нормированием сварных соединений, оптимальных конструктивных решений металлоконструкций, оснований и фундаментов, допусками на изготовление и монтаж конструкций, способов антикоррозионной защиты и назначением регламента обслуживания

Территория складов нефти и нефтепродуктов ограждена продуваемой оградой из негорючих материалов высотой не менее 2 метров.

Склады нефти и нефтепродуктов I и II категорий независимо от размеров площадки должны иметь не меньше двух выездов на автомобильные дороги общей сети или на подъездные пути склада или организации.

По периметру резервуарного парка, между группами резервуаров и для подъезда к площадкам сливноналивных устройств необходимо проектировать проезды с проезжей частью шириной 3,5 м и специальным покрытием. Для железнодорожных эстакад, оборудованных сливноналивными устройствами с двух сторон, проезд для пожарных машин должен быть кольцевым.

По границам каждой из групп наземных резервуаров нужно создавать замкнутое земляное обвалование шириной сверху не менее 0,5 м или ограждающую стену из негорючих материалов.

Между переходами через обвалование и стационарными лестницами на резервуарах следует предусматривать пешеходные дорожки (тротуары) шириной не менее 0,75 м. пожарной техники.

Внутри обвалования группы резервуаров не допускается прокладка транзитных трубопроводов.

В резервуарном парке преобладают пары нефти и попутного газа, которые могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси, поэтому исследуемый объект НПЗ является пожаровзрывоопасным.

### **Описание технологического процесса резервуарного парка нефтеперерабатывающего завода**

На предприятие производится перекачка светлых нефтепродуктов путем перепуска их по технологическим трубопроводам из резервуаров резервуарного парка в резервуары АСН, откуда происходит налив нефтепродуктов участка АСН в автоцистерны, а также производится налив дизельного топлива в танкера из РВС резервуарного парка.

### **Перекачка паспортизированных нефтепродуктов**

В связи с изменениями количества и марок, выпускаемых Нефтеперерабатывающим заводом нефтепродуктов, возможно задействование под хранение и отгрузку дополнительных резервуаров участка резервуарного парка. Для этого необходимо:

1. Технологические трубопроводы и резервуар максимально освободить;
2. Произвести зачистку внутреннего пространства резервуара;
3. Перенастроить под технологическую схему закачки другого нефтепродукта;
4. Для исключения смешивания нефтепродуктов различных марок установить необходимые заглушки.

Приготовление бензина автомобильного АИ-95, АИ-92, ДТ производится в резервуарах РП(ТП), согласно технологии на производстве.

### **Обеспечение безопасной эксплуатации**

Безопасность на производственном объекте соблюдается и регулируется определенными системами управления и контроля за технологическими параметрами.

## **Системы автоматического управления, блокировки и сигнализации**

Системы автоматического управления, блокировки и сигнализации предусмотрены на опасных производственных объектах предприятия на стадии разработки проекта:

1. Осуществляется автоматический контроль за технологическими параметрами (температура, давление, расход, уровень). При отклонении параметров от заданных значений срабатывает предупредительная и аварийная сигнализация.

2. Осуществляется контроль состояния электрических двигателей насосов, измерение температур обмоток и электрических двигателей, подшипников насосов и электрических двигателей с выводом информации на монитор.

3. При кратковременном отключении электроэнергии предусмотрен самозапуск, включенных в работу насосов при восстановлении напряжения.

Территория резервуарных парков, причалах, станции налива участка АСН оснащены сигнализаторами взрывоопасных концентраций, заблокированными с системами предупредительной и аварийной световой и звуковой сигнализациями, системами аварийной вентиляции и системами блокировок технологического процесса.

### **3.1 Характеристика опасных веществ резервуарного парка**

Основными опасными вещества резервуарного парка являются бензины и дизельное топливо.

Бензин – представляет собой легковоспламеняющуюся жидкость. Температура его самовоспламенения составляет от 255-370°C. Жидкость прозрачная и со специфическим запахом, 4 класса опасности. Температурные пределы воспламенения нижний -27°C -39°C, верхний -8°C -27°C. Смесь углеводородов. Концентрационные пределы распространения пламени: нижний – 1%, верхний – 6% (по объему). ПДК в воздухе рабочей зоны – 100 мг/м<sup>3</sup>. Оказывает наркотическое воздействие (в больших концентрациях), раздражает верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз и носоглотки, кожу



человека. Постоянный контакт с бензиновой фракцией может вызвать острые воспаления и хронические экземы. При признаках отравления – свежий воздух, создать условия для свободного дыхания, обильное питье и покой.

Средства индивидуальной защиты – фильтрующий противогаз с фильтрующим патроном АВЕК, спецодежда, спецобувь, каска, защитные очки, перчатки.

Дизельное топливо - легковоспламеняющаяся жидкость, 4 класса опасности. ПДК в воздухе рабочей зоны – 100мг\м<sup>3</sup>. Запах – выраженный, специфический. При вдыхании – слабость, головная боль, головокружение, жжение в глазах, першение в горле, кашель, чувство опьянения, нарушение координации движений; при попадании через рот – головная боль, кашель, тошнота, рвота, боли в области живота. Раздражает слизистую оболочку и кожу человека.

В зависимости от условий применения топливо подразделяют на марки:

1. Л – летнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха  $-5^{\circ}\text{C}$  и выше;
2. Е – межсезонное, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$  и выше.
3. З – зимнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха до  $-25^{\circ}\text{C}$  и до  $-35^{\circ}\text{C}$ .
4. А – арктическое, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающей среды  $-45^{\circ}\text{C}$  и выше.

Взрывоопасная концентрация паров топлива с воздухом 2% - 3% (по объему).

Температура самовоспламенения топлива марок Л, Е -  $300^{\circ}\text{C}$ , марки З -  $310^{\circ}\text{C}$ , марки А -  $330^{\circ}\text{C}$ .

Температурные пределы воспламенения:

1. Л, Е – нижний  $69^{\circ}\text{C}$ , верхний  $119^{\circ}\text{C}$ .
2. З – нижний  $62^{\circ}\text{C}$ , верхний  $105^{\circ}\text{C}$ .
3. А – нижний  $57^{\circ}\text{C}$ , верхний  $100^{\circ}\text{C}$ .

При пожарах и взрывах возможны:

1. Ожоги различной степени, поражение органов дыхания, контузии, ушибы, осколочные ранения;
2. Отравление персонала продуктами горения;
3. Выброс в окружающую среду токсичных веществ, которые оказывают неблагоприятное воздействие на живые организмы.

Средства индивидуальной защиты - фильтрующий противогаз с фильтрующим патроном АВЕК, спецодежда, спецобувь, каска, защитные очки, перчатки.

### **Возможные аварии в резервуарах**

В резервуарном парке возможно возникновение следующих видов аварий: разлив нефтепродукта, взрыв паровоздушной смеси, пожар пролива, пожар на резервуаре, перегрев смежного резервуара с последующим разрушением.

Иницилирующими событиями аварий являются полная разгерметизация оборудования, а также воспламенение ТВС.

Пожар пролива может вызывать термическое поражение персонала объекта, а также термическое воздействие на соседнее оборудование, в том числе и содержащее горючие жидкости, с дальнейшим распространением аварии (эффект «домино»).

Взрыв ТВС может привести к разрушению помещений и оборудования, поражению ударной воздушной волной персонала, поражению различной степени зданий и сооружений, расположенных в пределах опасных зон.

Каждый сценарий может иметь несколько стадий развития при сочетании определенных условий, может быть приостановлен, перейти в другую стадию развития (событие пожара) или на более высокий уровень.

Наиболее опасным сценарием аварии в резервуарном парке является:

Разгерметизация резервуара №68 → выброс бензина в обвалование → испарение с поверхности пролива → загазованность прилегающей территории

→ образование взрывоопасного облака паровоздушной смеси → наличие источника зажигания → взрыв паровоздушной смеси.

### **Расчет параметров волны давления при взрыве газопаровоздушной смеси в открытом пространстве**

Взрывы газопаровоздушных смесей горючих газов и жидкостей с воздухом могут происходить в помещениях и в открытом пространстве. Правильное обоснование последствий при возможности взрыва газопаровоздушной смеси позволит избежать катастрофических разрушений и жертв. К параметрам, по которым оценивают степень разрушения объектов при взрывах на открытом пространстве, относят избыточное давление в положительной фазе волны давления  $\Delta P$ . Для расчета этих параметров всегда рассматривают наиболее опасный сценарий развития аварии и на базе этого сценария определяют массу горючих газов или паров, выделившихся из РВС и образовавших взрывоопасное облако.

Оценку степени поражения и разрушения зданий и сооружений при взрывах газопаровоздушных смесей, можно произвести по данным таблицы 4.

Таблица 4 – Предельно допустимое избыточное давление  $\Delta P$  при взрывах газопаровоздушных смесей на открытом пространстве

<b>Степень поражения</b>	<b>Избыточное давление <math>\Delta P</math>, кПа</b>
Полное разрушение зданий	100
50%-е разрушение зданий	53
Среднее повреждение зданий	28
Умеренное повреждение зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей)	12
Нижний порог повреждения человека волной давления	5
Малые повреждения (разрушение остекления)	3

Избыточное давление  $\Delta P$ , развиваемое при сгорании облака газопаровоздушной смеси на открытом пространстве, можно рассчитать по формуле:

$$\Delta P = P_0 \left( 0,8 \frac{M_{\text{ПР}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{M_{\text{ПР}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{M_{\text{ПР}}}{r^3} \right), \quad (1)$$

где  $P_0$  – атмосферное давление, кПа. (При расчетах допускается принимать  $P_0=101,3$  кПа;

$r$  – Расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака до рассматриваемого объекта, м;

$M_{\text{ПР}}$  – приведенная масса горючих газов, кг, или паров легко воспламеняющихся и горючих жидкостей, рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{ПР}} = M_{\text{ГП}} Z \frac{Q_{\text{н}}}{Q_0}, \quad (2)$$

где  $M_{\text{ГП}}$  – масса горючих газов или паров, поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг;

$Z$  – коэффициент участия, который допускается принимать при расчетах 0,1.

$Q_{\text{н}}$  – удельная теплота сгорания горючего газа или пара (табличное значение), кДж/кг;

$Q_0$  – константа равная  $4,52 \cdot 10^3$  (удельная энергия взрыва тринитротолуола) кДж/кг.

Для примера рассмотрим такую аварию что в РВСН№68 5000 м<sup>3</sup>, находилось на хранение 3172 т бензина АИ-95. При разгерметизации РВСН произошел выброс бензина в обвалование, образовалось взрывоопасное облако массой 5, 934 т, и при наличии источника зажигания произошел взрыв этого облака. Следует рассчитать избыточное давление  $\Delta P$ , для 5 зон предприятия: 50, 95, 190, 360 и 610 м.

Для решения поставленной задачи примем, что в течение времени, необходимого для разгерметизации РВСН№68, произошел выброс бензина в обвалование с поверхности пролива шло испарение вещества, что

способствовало загазованности прилегающей территории, в связи с чем и произошло образование взрывоопасного облака газопаровоздушной смеси. При наличии источника зажигания произошел взрыв.

1. Параметры для бензина АИ-95:

$$Q_H=44000 \text{ кДж/кг}, \rho=750 \text{ кг/м}^3$$

2. Значит масса газа в емкости

$$M_{ГП}=5934 \text{ кг}$$

3. Найдем приведенную массу паров бензина АИ-95, по формуле 2:

$$M_{ПР} = 5934 \times 0,1 \times \frac{44000}{4520} = 5289,7 \text{ кг}$$

4. Избыточное давление  $\Delta P$ , развиваемое при сгорании облака газопаровоздушной смеси на открытом пространстве рассчитывается по формуле 1, для 5 зон:

Таблица 5 – Рассчитанные значения  $\Delta P$  для зон безопасного удаления

Значения $\Delta P$ , кПа	Зоны безопасного удаления, м
83,24	50
27,22	95
10,02	190
5,04	360
2,47	610

По данным таблицы 5, был построен график зависимости уменьшения избыточного давления, по мере отстранения (удаления) от эпицентра аварии. И на схеме 2 резервуарного парка наглядно отображены зоны безопасного удаления от центра аварии.

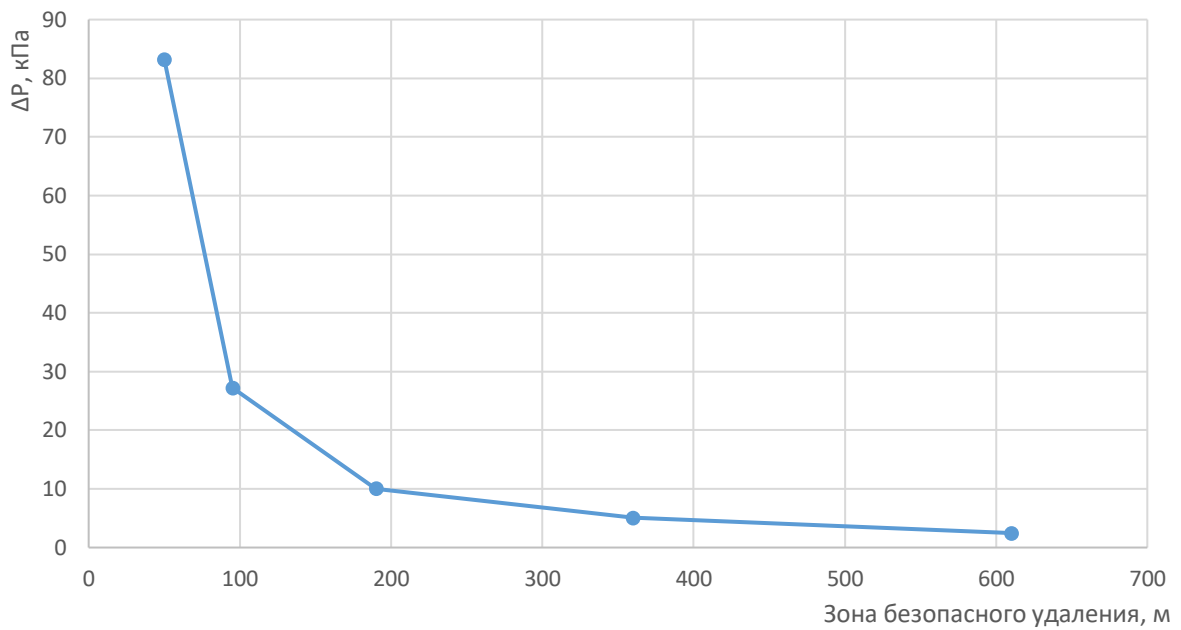


График 1 – зависимость уменьшения избыточного давления  $\Delta P$ , от зоны безопасного удаления от очага аварии

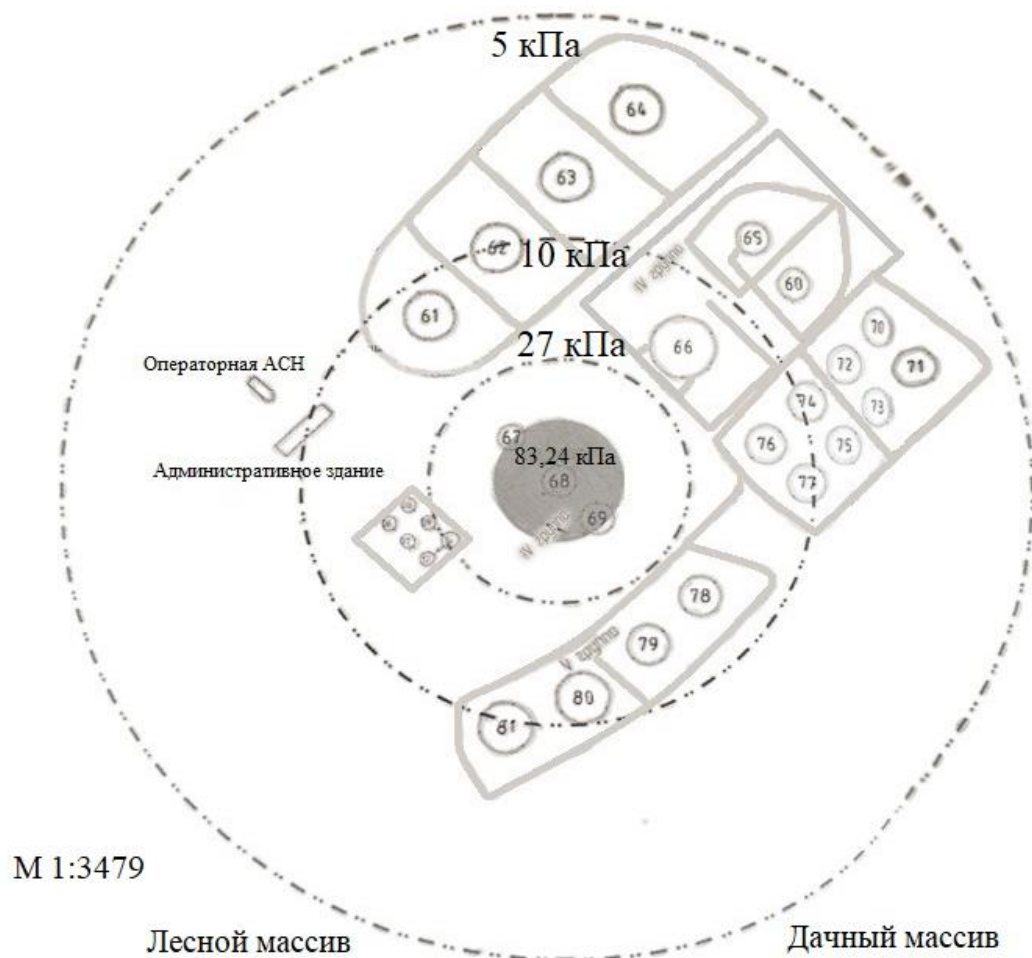


Схема 2 – резервуарный парк, влияние избыточного давления на зону безопасного удаления

По данным графика 1 и схемы 2, можно определить по таблице 4, степень поражения и разрушения резервуаров и зданий в резервуарном парке.

В зоне максимального избыточного давления  $\Delta P=83,24$  кПа произойдет полное разрушение резервуаров №67, 68 и 69. Резервуары №09 и 18 получат среднее повреждение конструкций. Административное здание и операторная АСН получат умеренное повреждение внутренних перегородок, рам и дверей. Резервуары, находящиеся в зоне 190-360 м от эпицентра аварии получают умеренное повреждение конструкций. В дачном массиве, дачи, находящиеся в непосредственной близости к предприятию, также получат малые повреждения, у этих зданий произойдет разрушение части остекления.

### **Мероприятия по обеспечению предотвращению аварий в резервуарном парке**

Основными причинами возникновения аварийных ситуаций в резервуарном парке являются: нарушение правил эксплуатации резервуаров, ошибки персонала, дефекты форм резервуара, коррозионный износ нижней части первого пояса и днища резервуара, неоднородная выкладка основания РВС приводящая к образованию трещин и его разрушению, а также неправильно подобранная марка стали, не подходящая по составу для температурного режима ОС региона где размещен резервуарный парк, тогда при низких температурах происходит охрупчивание стали и она становится более подвержена коррозионному износу и разрушению стенок РВС.

Для предотвращения образования аварий в резервуарном парке необходимо неуклонно соблюдать требования технологического регламента и требования пожарной безопасности. Проводить плановые осмотры резервуара на наличие трещин и неисправностей в ходе эксплуатации резервуара и без нарушений периодичности. Проводить качественное и своевременное диагностирование с использованием современных методов и средств диагностики с последующей оценкой остаточного ресурса РВС. Также для повышения безопасности на

предприятие приобрести для резервуарных парки датчиков сигнализаторов дозрывных концентраций, срабатывающими при достижении концентрации паров светлых нефтепродуктов 20% от нижнего концентрационного предела распространения пламени, с целью предотвращения пожаров пролива.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проблемы безопасности эксплуатации вертикальных резервуаров находятся на глобальном уровне. Это большая проблема, которая снижает эффективность использования нефтебаз. Решив ее хотя бы частично, можно будет наблюдать положительную динамику в развитие резервуарных парков их переоснащению и снижению аварий.

В данной работе изучены возможные причины возникновения аварий на резервуарном парке, также изучено строение резервуарного парка и технологические процессы, предложены мероприятия, позволяющие снизить количество аварий на производственном объекте.

Благодаря результатам, полученным в ходе исследований можно сделать вывод что нефтеперерабатывающий завод является пожаровзрывоопасным объектом. Основными опасностями возникновения аварий в резервуарном парке являются: разлив нефтепродукта, взрыв паровоздушной смеси, пожар пролива, пожар на резервуаре, перегрев смежного резервуара с последующим разрушением.

Рассмотрен наихудший вариант развития сценария пожара – взрыв ТВС в открытом пространстве. Для которого были рассчитаны зоны разрушения и границы поражения людей, производственных зданий и РВС при взрыве облака газопаровоздушной смеси.