

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Разработка систем пожарной безопасности на промышленном
предприятии ООО «Тольяттинский Трансформатор»

Студент(ка)	<u>Д.В.Саванеев</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>А.В. Степаненко</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Нормоконтроль	<u>С.В. Грачева</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Руководитель программы к.т.н., профессор М.И. Фесина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
«26» мая 2016г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
«26» мая 2016г.

Тольятти 2016

РЕФЕРАТ

Отчет 138 л, 12 рис., 35 табл., 32 источников.

В данной диссертационной работе в результате анализа противопожарного состояния ООО «Тольяттинский Трансформатор» были разработаны мероприятия по противопожарной защите данного объекта.

В работе приведены расчеты сопротивления железобетонных конструкций воздействию пожара, расчеты времени эвакуации людей. Определена категория помещений, здания и наружных установок ООО «Тольяттинский Трансформатор» по взрывопожарной и пожарной опасности. Определены расходы и напоры воды в противопожарных водопроводах ООО «Тольяттинский Трансформатор», необходимые на нужды пожаротушения. Рассмотрен наиболее сложный вариант пожара, и произведен расчет сил и средств на его тушение.

В данной диссертационной работе разработаны мероприятия по охране труда при тушении электрооборудования, находящегося под напряжением.

Объектом исследования являются поршневые установки для точного воспроизведения и измерения больших расходов газа.

Цель работы – обеспечение пожарной безопасности объекта.

В соответствии с анализом противопожарного состояния ВСШ цеха №17 трансформаторного корпуса ООО «Тольяттинский Трансформатор» и поставленной целью в данной работе надо решить следующие задачи:

- Разработаны противопожарные мероприятия на объекте;
- Защищены ВСШ автоматической системой пожаротушения;
- Разработан противопожарный водопровод, необходимый для нужд пожаротушения;
- Разработана схема расстановки сил и средств при тушении возможного пожара, используя имеющиеся средства тушения в гарнизоне.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Анализ и оценка противопожарного состояния объекта.....	7
1.1 Характеристика объекта.....	7
1.2 Объемно-планировочные и конструктивные решения.....	11
1.3 Средства пожаротушения.....	14
1.4 Противопожарное водоснабжение.....	14
2. Анализ и оценка технологического процесса цеха №17 трансформаторного корпуса ООО «Тольяттинский Трансформатор».....	16
2.1 Принцип действия и устройство трансформаторов.....	16
2.2 Требования к технологическому оснащению.....	17
2.3 Прогрев активных частей.....	22
2.4 Вакуумная сушка активных частей трансформаторов.....	25
2.5 Термовакuumная обработка в вакуумно-сушильном шкафу (ВСШ).....	28
2.6 Хранение активных частей в ВСШ после термовакuumной обработки.....	31
2.7 Пожарная опасность трансформаторов и маслонеполненных аппаратов.....	35
2.8 Требования безопасности при технологическом процессе.....	40
3. Задачи диссертационной работы.....	42
4. Системы и схемы водоснабжения. Расходы и напоры воды в противопожарных водопроводах.....	43
4.1 Классификация систем водоснабжения.....	43
4.2 Схемы водоснабжения промышленных предприятий.....	45
4.3 Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления.....	47
4.4 Расчет норм расхода воды на пожаротушение.....	49
4.5 Расчет свободного напора в системе водоснабжения.....	56
5. Сопротивление железобетонных конструкций воздействию пожаров.....	61
5.1 Мощность огневого воздействия.....	61

5.2 Тепловая нагрузка на конструкцию здания.....	61
5.3 Снижение эксплуатационных качеств конструкций при пожаре.....	62
5.4 Причины снижения эксплуатационных качеств конструкций после пожара.....	63
5.5 Предельные состояния конструкции по огнестойкости.....	66
5.6 Условия защиты конструкции от огня.....	67
5.7 Расчет остаточной несущей способности железобетонной колонны после пожара.....	69
6. Молниезащита.....	77
7. Расчет категории помещений цеха №17 трансформаторного корпуса по взрывопожарной и пожарной опасности.....	87
8. Организация тушения возможного пожара ВСШ цеха №17.....	89
8.1 Средства тушения.....	89
8.2 Пены.....	91
8.3 Пеногенерирующая аппаратура и техника для получения пены	95
8.4 Автоматическая установка пенного пожаротушения (АУПП).....	103
8.5 Спринклерные и дренчерные установки пожаротушения.....	107
8.6 Установка пожаротушения с тонкораспыленной водой (ТРВ).....	109
8.7 Расчет сил и средств на ВСШ цеха №17.....	116
8.8 Расчет насосно-рукавной системы для подачи воздушно-механической пены (ВМП).....	119
8.9 Эвакуация и спасение людей.....	123
8.10 Расчет времени эвакуации.....	125
8.11 Расчет дымоудаления.....	129
8.12 Основные этапы действий при тушении возможного пожара.....	129
8.13 Рекомендации должностным лицам на пожаре.....	130
Заключение.....	134
Список используемых источников.....	135

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что за последние десятилетия во многих сферах человеческой деятельности явно прослеживается большой скачок в развитии науки и техники. В деятельности человека, по геометрической прогрессии, внедряется компьютеризация и автоматизация. Появляются новые строительные и отделочные материалы, дорогостоящее оборудование, высокие и наукоемкие технологии, которые более эффективные, но в тоже время могут нести в себе большую опасность, в том числе и пожарную. Не надо забывать о культурных ценностях, которые может утратить человечество по своей безопасности и халатности, потеря которых несравнима и неопределима ни с какими физическими ценностями. И чтобы снизить вероятность потерь, человек прибегает к различным мерам защиты. Человек старается максимизировать безопасность своего имущества, своей жизни, как дома, так и на рабочем месте.

Одно из направлений защиты — противопожарная защита. Противопожарную защиту можно осуществить несколькими способами и видами. Например, внедрением систем Автоматической Противопожарной Защиты, (в дальнейшем АППЗ), которые являются одним из наилучших видов противопожарной защиты. Внедрение и правильное обслуживание пожарной автоматики, и систем АППЗ в целом, приводит к эффективной защите тех помещений где она установлена, путем обнаружения, сообщения и подавления очага горения в начальный момент пожара.

В тоже время, проектирование установок пожарной автоматики, является сложным процессом. От того насколько качественно он выполнен, зависит эффективность АППЗ. Поэтому, проектирование АППЗ должно предшествовать решению целого ряда вопросов, связанных с анализом пожарной опасности объекта, конструктивными, объемно-планировочными решениями и другими особенностями защищаемого объекта. Вот почему проектирование установок

пожарной автоматики необходимо производить поэтапно, исходя из категории производства, класса возможного пожара, группы важности объекта, а также механизма и способа тушения.

1.16 ПРОТИВОПОЖАРНОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА

1.1. Характеристика объекта

ООО «Тольяттинский Трансформатор» создано в процессе приватизации Средне-Волжского объединения «Трансформатор», работающего в области трансформаторостроения более 40 лет.

На начало перестройки (1991 г.) предприятие выпускало 110 типов силовых трансформаторов I-VIII габарита общего и специального назначения.

В условиях рыночных отношений, ориентируясь на рынок спроса данного оборудования, ООО «Тольяттинский Трансформатор» определило приоритетные направления в своей деятельности.

По состоянию на 1998 год ООО «Тольяттинский Трансформатор» стало выпускать уже свыше 180 типов силовых трансформаторов напряжением 0,5; 3; 6; 10; 15; 20; 35; 66; 110; 132; 220; 330; 500 кВ, мощностью в диапазоне 25-400000 кВ×А – это трансформаторы общего и специального назначения. К специальным трансформаторам относят трансформаторы и автотрансформаторы для электрифицированных железных дорог на переменном токе, трансформаторы для питания ударных нагрузок прокатных станов и литейных установок металлургических производств, для питания буровых электроустановок и погружных электронасосов, для питания электродегидраторов по очистке и обезвоживанию нефти, регулировочные трансформаторы и другое.

Освоено изготовление силовых трансформаторов и в сейсмостойком исполнении, которые работают в сейсмоопасных районах России, государствах Кавказа, Средней Азии и Китая.

Расширение номенклатуры изделий производили за счет:

- расширения номенклатуры трансформаторов 110, 220, 500 кВ мощностью, прежде не изготавливаемых. Например, АОДЦТН 167000/500/220, АТДЦТН 125000/220/110, ТДЦ 200000/220, ТДЦ 200000/110 и др;

- освоения изготовления трансформаторов 35 кВ типа ТМ, ТМН, ТНДС, ТРДНС и др.;
- освоения изготовления трансформаторов распределительных, напряжением 6-10 кВ типа ТМ, ТМБ, ТМПЭ;
- освоено производство переключающего устройства РНТА-V-35/200-Р 16/20 для регулирования напряжения силовых трансформаторов 35-110 кВ под нагрузкой.

Для повышения технического уровня качества и эксплуатационной надежности трансформаторов внедрено в производство ряд конструкторско-технологических решений.

Освоено производство модернизированных трансформаторов 110 кВ с РПН. Модернизация позволила снизить материалоемкость трансформаторов по всем видам основных материалов (электротехническая и конструкционная сталь, обмоточный провод, трансформаторное масло), уменьшить потери холостого хода в среднем на 10 кВт. Стоимость модернизированного трансформатора соответственно уменьшилась в среднем на 10%. Анализ опроса потребителей показал, что в 3-х обмоточных трансформаторах 110 и 220 кВ в обмотках СН на 35 кВ переключатели ПБВ практически не используются, так как передача электроэнергии из сетей 35 кВ к потребителям нагрузки 6 и 10 кВ производится в основном трансформаторами класса напряжения 35 кВ с РПН.

Со временем контакты переключателя ПБВ окисляются, переходное сопротивление контактов резко увеличиваются, что приводит к повреждению переключателя ПБВ и трансформатора. Исключение ПБВ в обмотках 35 кВ в итоге повышает устойчивость трансформатора к токам короткого замыкания, повышает эксплуатационную надежность.

ООО «Тольяттинский Трансформатор» осуществляет следующие виды деятельности:

1. Шеф-монтаж, выполнение пусконаладочных и контрольных испытаний.

2. Оказание технической помощи, проведение обследования условий эксплуатации, проведение работ по ранней диагностике состояния трансформаторов.

3. Проведение ремонта трансформатора (в том числе с заменой обмоток) на заводе изготовителе или на месте его эксплуатации.

4. Утилизация трансформатора, ремонт которых экономически и технически не целесообразен.

5. Обучение персонала потребителя, осуществляющего эксплуатацию и ремонт трансформатора.

За последние годы увеличилось сотрудничество с иностранными партнерами дальнего зарубежья. ООО «Тольяттинский Трансформатор» стало принимать активное участие в международных выставках, проводимых как в России, так и за рубежом, увеличиваются объемы экспортных поставок в Китай, Египет, Иран, Пакистан и другие страны. Производятся закупки по импорту материалов и комплектующих изделий, что способствует внедрению в производство силовых трансформаторов передовых технологий, способствует повышению технического уровня и качества изготавливаемых трансформаторов. Так закупаются переключающие устройства в Болгарии и Австрии, транспортированные обмоточные провода в Германии и Нидерландах, трансформаторное масло и трансформаторные вводы в Швеции.

История создания ООО «Тольяттинского Трансформатора» начинается с 1956 года, когда было принято решение правительства о строительстве завода ртутных выпрямителей в г. Ставрополь-на-Волге.

Первая продукция – ртутные преобразователи типа ИВС-200/10 и ИВС-300/5 для электропроводов и преобразователей ВР-9 для передачи электроэнергии постоянным током – была выпущена уже в 1958 году, первый трансформатор мощностью 500 кВт – 1961 г.

В 1959 г. началось строительство трансформаторного корпуса.

В 1961 г. был выпущен 1 трансформатор 5600кВА.

С 1962 г. изготовлено и введено в эксплуатации трансформаторов на суммарную мощность 500 миллионов кВА.

В 1964 году завод переименован в Тольяттинский электротехнический, на базе которого создано Средневолжское производственное объединение «Трансформатор», преобразованное в 1993 году в акционерное общество открытого типа.

Одно из крупных достижений завода – собственная разработка и освоение тиристорных блоков для высоковольтных линий постоянного тока в 1972 году. Освоена совершенно новая для российских предприятий продукция и новое направление передачи тока «Финляндия-СССР» мощностью 1 миллион кВА. Линия безаварийно работает до сих пор.

В процессе изготовления трансформаторов проводится большое количество проверок материалов, комплектующих, деталей, сборочных единиц. Объем и методы этих проверок установлены действующей на заводе системой контроля.

Входному контролю подвергаются все материалы и покупные комплектующие изделия, в том числе: электротехническая сталь, обмоточный провод, бумага электроизоляционная, стеклотекстолит, лакокрасочные материалы, растворители, трансформаторное масло и др.

Масло, залитое в силовой трансформатор, подлежит паспортизации, замеренные характеристики масла вносятся в паспорт трансформатора. Высоковольтные всегда испытываются в комплекте с трансформатором.

30.01.2010 году система качества ООО «Тольяттинский Трансформатор» сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ИСО 9001-96.

В процессе сборки сборочные единицы трансформаторов подвергаются контрольным испытаниям: испытываются остовы, обмотки, активные части. Перед выходом с завода каждый трансформатор подвергается приемо-сдаточным

испытаниям, а головные (первые) образцы – приемным испытаниям, объем, методика и нормы на которые по желанию заказчика могут быть изменены, расширены, ужесточены.

Испытания изоляции трансформаторов полным и срезанным грозовым импульсами, коммуникационным импульсом производятся в полуавтоматическом режиме и использованием оборудования и приборов, изготовленные фирмой TUR (Германия).

На технической базе испытательного цеха создан Испытательный центр ОАО «Трансформатор», аккредитованный в системе сертификации на право проведения работ по испытаниям. Сертификат номер: РОССТУ 001.22МВ19-24.02.00

1.2 Объемно-планировочные конструктивные решения

Трансформаторный корпус предназначен для изготовления и испытания электротрансформаторов большой мощностью.

Трансформаторный корпус состоит из производственной и трехэтажной административной частей, соединенных между собой противопожарной стеной, в которой имеются дверные проемы.

Производственная часть здания – одноэтажное, площадью 66528 м². Размеры здания 231×288 м и высотой от 12 до 36 м. Строительные конструкции II степени огнестойкости. Стен панельно-навесные из железобетонных плит и плит типа «Сэндвич» со сгораемыми утеплителями. Несущие колонны железобетонные. Покрытие корпуса полусферическое переменной высоты из железобетонных плит фонарного типа, через окна освещения фонарей возможен переход огня на кровлю и обратно. Кровля рубероидная, общей площадью 75600 м², площадь покрытия оконные фонарей до 15300 м². Через кровлю проходят вентиляционные короба. По всей длине кровле по перепадам высот имеются 4 сухотруба диаметром 66 мм с

полугайками ГЦ-70 и запорной арматурой. Для подъема на кровлю имеются стационарные металлические лестницы с сухотрубами диаметром 51 и 66 мм. В корпусе расположены цеха № 5, 16, 17,18. Производственные объемы цехов корпуса связаны между собой открытыми проемами, что может способствовать быстрому распространению огня и дыма.

Электроснабжение осуществляется шинопроводами ШМА-1600 и электрокабелями по двум кабельным туннелям длиной 48 м каждый, а также по строительным конструкциям. В цехе №17 размещены вакуум-сушильные шкафы, в цехе №18 размещены электрические испытательные поля для испытания силовых трансформаторов, в цехе №5 располагается покрасочное отделение, которое не отделено от других участков противопожарной стеной.

С северной стороны корпуса имеется 8 железнодорожных ворот.

Основная категория производства «В», но имеются участки с категорией производства «А» - участок для приготовления краски цех №5 и с категорией производства «Б» - покрасочное отделение цеха №5.

Участок вакуумно-сушильных шкафов – это подвальное помещение площадью 1440 м² и объемом 5760 м³. Расположено в середине трансформаторного корпуса в 5 и 6 пролетах. Участок вакуумно-сушильных шкафов цеха №17 на отметке 0.00 м отделяется от других участков цеха №17 металлическими листами толщиной 10 мм, в которых имеются 3 технологических проема с лестницами на отметке 0.00 и 17 люков с крышками для подачи стволов ГПС.

Насосная станция ВСШ расположена на отметке (-4 м.) и отделена от участка ВСШ противопожарной стеной, в которой имеется дверной проем с противопожарной дверью. На участке размещено 7 вакуумно-сушильных шкафов.

Вакуумно-сушильный шкаф представляет собой прямоугольный аппарат с плоским днищем и крышкой из листовой стали, толщина боковой стенки 16 мм, а днища и крышки – 20 мм. Жесткость стенок обеспечивается мощными

двухтавровыми балками. Решетчатая система ребер на крышке позволяет воспринимать усилие до 10 т на 1 м². Стенка ВСШ покрыты материалами из стекловаты толщиной 14 мм, оштукатурены, оклеены стеклотканью и окрашены.

Подача трансформаторного масла осуществляется через трубопровод диаметром 219 мм.

Обогрев ВСШ производится паром под давлением 4-8 атм., через секционные регистры (каждая имеет свой ввод). Для улучшения теплоотдачи предусмотрена циркуляционная система с двумя вентиляторами.

Объем вакуумно-сушильных шкафов:

- ВСШ – 1 - 85 т объем 100 м³
- ВСШ – 2 - 85 т объем 100 м³
- ВСШ – 3 - 200 т объем 260 м³
- ВСШ – 4 - 200 т объем 260 м³
- ВСШ – 5 - 250 т объем 310 м³
- ВСШ – 6 - 250 т объем 310 м³
- ВСШ – 7 - 350 т объем 460 м³

В корпусе в первую смену одновременно может находиться до 700 человек рабочего персонала. Режим работы на ВСШ трехсменный, обслуживающий персонал 3 человека.

Горючая загрузка состоит из трансформаторного масла, сгораемой изоляции, ЛВЖ и ГЖ, что составляет до 20 кг/м².

Свойства горючего материала – масла трансформаторного характеризуются следующими величинами:

- плотность – 860-880 кг/м³;
- температура застывания - -45 °С;
- температура кипения – 300 °С;
- температура вспышки – 135-140 °С;
- температура воспламенения – 135-163 °С;

- температура самовоспламенения – 270 °С;
- нижний концентрационный предел распространения пл. – 0,29 % (об);
- температурные пределы распространения пламени: нижний – 12 5°С
верхний – 193 °С

1.3 Средства пожаротушения

В корпусе имеются:

- участок ВСШ оборудован пожарной сигнализацией с выводом в операторную ВСШ;
- в насосной станции ВСШ имеется система паротушения;
- стационарные установки пожаротушения ОВПУ-250 в количестве 1 шт.;
- передвижные установки пожаротушения ОВПО-100 в количестве 2 шт.;
- стационарные пенные установки системы «Иванова» в количестве 2 шт.

Гребенки пенного тушения от станции ППА расположены:

- в середине 4 пролета корпуса;
- на улице с северной стороны корпуса напротив 3 пролета;
- на улице на стене склада «Меди» с северо-западной стороны корпуса.

На первом этаже административно-бытового корпуса №16 (9 пролет) размещены дежурные посты с круглосуточным несением вахты.

1.4 Противопожарное водоснабжение

В трансформаторном корпусе имеется внутренний противопожарный водопровод диаметром 100 мм, на котором расположено 65 пожарных кранов.

Наружное противопожарной водоснабжение обеспечивается:

- маломощным кольцевым водопроводом на речной воде диаметром 200 мм, на котором расположено 15 пожарных гидранта;

- хозяйственный водопровод на артезианской воде диаметром 200 мм, на котором расположено 3 пожарных гидранта;
- 1 пожарный водоем общим объемом 800 м³, расположенный с западной стороны корпуса на расстоянии 350 м;
- открытый пожарный водоем объемом 1500 м³, расположенный с северной стороны корпуса около склада ГСМ на расстоянии 500 м.

2. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ЦЕХЕ №17 ТРАНСФОРМАТОРНОГО КОРПУСА ООО «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ТРАНСФОРМАТОР»

2.1 Принцип действия и устройство трансформаторов

Трансформатором называется электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения без изменения частоты. Принцип действия трансформаторов основан на явлении взаимоиנדукции. Идея трансформации переменного тока принадлежит русскому ученому П. Н. Яблочкову, на основе которой в 1882 г. И. Ф. Усагин создал первый в мире трансформатор. В 1890 году русский электротехник М. О. Доливо-Добровольский изобрел трехфазный трансформатор. Дальнейшее развитие трансформаторов шло по пути совершенствования их конструкций и увеличения мощности. Трансформаторы применяются при передаче электрической энергии в промышленных установках, в устройствах проводной и радиосвязи, в автоматике, телемеханике.

Однофазный трансформатор состоит из замкнутого сердечника, собранного из листовой трансформаторной стали, на котором располагаются две или несколько обмоток. Обмотка, которая питается от источника тока, называется первичной, а обмотка, от которой энергия отводится к потребителям – вторичной. Если вторичное напряжение больше первичного, то трансформатор называют повышающим, если меньше, то – понижающим.

Каждый трансформатор может работать как повышающий и как понижающий в зависимости от того, к какой из обмоток подается напряжение.

2.2 Требования к технологическому оснащению

Этап изучения технологического процесса производства является совершенно необходимым при исследовании технических продуктов, содержащих помимо основного вещества заметное количество примесей, которые могут влиять на его пожарную опасность. Особое внимание необходимо обратить на заключительные стадии процесса, когда формируется состав конечного продукта. При необходимости для вытеснения состава конечного продукта следует привлекать аналитические лаборатории ЦЗЛ. На основании изучения рецептур, технологических регламентов и журналов регистрации химических анализов состава пробного продукта с привлечением необходимого дополнительного аналитического материала нужно выяснить, в каких пределах колеблется содержание основного вещества и пожароопасных примесей. Если основное вещество имеет более высокую пожарную опасность, чем примеси, то для исследования отбирают пробы с наибольшим возможным содержанием основного вещества. Если примеси пожароопаснее основного вещества, то отбирают несколько проб как с наибольшим содержанием примесей, так и с наименьшим. Это необходимо для выяснения примесей на пожарную опасность вещества.

Значительное большое число проб продукта приходится исследовать тогда, когда продукт подвергается в процессе производства или эксплуатации длительному высокотемпературному нагреву (например, является теплоносителем), воздействию радиоактивным излучениям или другим активным воздействием, в результате которых с течением времени могут изменяться его физико-химические и пожароопасные свойства. В этом случае рекомендуется отбирать пробы вещества, различное время подвергавшееся активным воздействиям, и на основании определения пожароопасных свойств этих проб выявить характер изменения опасности вещества в данном процессе.

Активные части могут обрабатываться по следующим технологическим процессам:

- термовакuumная обработка в вакуумно-сушильных шкафах (одинарный процесс) – распространяется на активные части всех классов напряжения, независимо от мощности;

- термовакuumная обработка в вакуумно-сушильных шкафах (двойной процесс) распространяется на активные части класса напряжения 220 кВ и выше, независимо от мощности при необходимости промежуточной опрессовки обмоток и контрольной сборки изделия с целью сокращения пребывания активных частей на воздухе после термовакuumной обработки, в конструкторской документации которых имеется ссылка на данный процесс.

Технологические процессы по термовакuumной обработке должны выполняться в следующей последовательности:

1. термовакuumная обработка (одинарный процесс) – повышение температуры, прогрев, вакуумная сушка, снижение температуры, заливка трансформаторного масла, пропитка под вакуумом и при атмосферном давлении, выгрузка;

2. термовакuumная обработка (двойной процесс) – повышение температуры, прогрев, вакуумная сушка, снижение температуры, выгрузка из вакуум-сушильного шкафа (первичный цикл), опрессовка обмоток, контрольная сборка, загрузка в вакуум-сушильный шкаф, повышение температуры, прогрев, вакуумная сушка, снижение температуры, заливка трансформаторного масла, пропитка под вакуумом и при атмосферном давлении, выгрузка (вторичный цикл).

Для изделий новых классов напряжения, а также модернизируемых в части главной и продольной изоляции с изменением массы активной части (в пределах 10-15%) и габаритных размеров, технологические режимы должны быть отработаны на головных (опытных) образцах с установкой температурных датчиков в активной части.

На отработку должны подаваться активные части II сборки, прошедшие испытания и принятые работниками технологического контроля.

Активные части и изолирующие детали должны быть чистыми, без загрязнений, пятен, ржавчины, расслоений, порывов изоляции обмоточного провода и отводов. Для предохранения верхнего ярма от попадания грязи, после II сборки, покрыть ярмо крепированной бумагой, после загрузки в вакуум-сушильный шкаф (ВСШ) крепированную бумагу с активной части снять (работу произвести стропальщику). Стropальщик должен пользоваться обувью, очищенной от грязи и металлической стружки.

С активными частями должны комплектно загружаться изоляционные детали и узлы, необходимые для работ по III сборке. Активные части должны устанавливаться в ВСШ на расстоянии не менее 300 мм от нагревателей. При уменьшении расстояния до нагревателей, должны устанавливаться защитные экраны из электрокартона $b=2...3$ мм по высоте и периметру в зоне уменьшенного расстояния.

Для измерения температурного режима процесса в ВСШ установить переносные температурные датчики в следующих местах:

- в масляный канал верхнего ярма остова на глубину не менее $600... \pm 20$ мм;
- в средней зоне вакуум-сушильного шкафа на расстоянии не более 100 мм от наружной изоляции посередине высоты активной части (для ВСШ №1, №2 – 2 шт.; для ВСШ №3,4,5,6,7 – 4 шт.) Измерять расстояние приспособлением АС 63.638.0661 «А».

При загрузке нескольких активных частей в ВСШ, измерение характеристик изоляции вести по активной части большого класса напряжения. Для измерения характеристик изоляции подсоединить активную часть к проходным изоляторам. В состав активных частей, не имеющих каналов, температурные датчики не устанавливаются.

При поступлении активной части на термовакуумную обработку с регулятором напряжения под нагрузкой, в журнале ведения процесса сделать отметку о его наличии и типе. Выгрузку активных частей производить при температуре воздуха в ВСШ не более 70⁰ С. Выгрузку активных частей из вакуум-сушильного шкафа производить при подтверждении готовности III сборки и разрешения работника технологического контроля.

Трансформаторное масло, заливаемое для пропитки активных частей должно удовлетворять следующим требованиям:

- марка трансформаторного масла должна соответствовать указанной в сборочном чертеже на изделие;

- физико-химические характеристики трансформаторного масла (кроме натровой пробы и цвета, величины которых не нормируются) и tg б должны соответствовать требованиям: ГОСТ 982-80: ГОСТ 10121-76; ТУ 38.101.1025-85; ТУ 38.401.608-86; ТУ 38.401-58-49-92 – взамен ВЕИЛ 137-01 от 27.03.01 г.

- пробивное напряжение, определяемое в стандартном маслопробойнике по ГОСТ 6581-75, должно быть не менее:

- 60 кВ – для активных частей напряжения от 35 до 150 кВ, включительно;

- 70 кВ – для активных частей классов напряжения от 220 кВ и выше;

- влагосодержание, определяемое по ГОСТ 7822-75 должно быть не более 0,001% массовых долей для активных частей классов напряжения 220...500 кВ;

- газосодержание, определяемое объемным методом должно быть не более 0,3% объемных долей; хроматографическим методом – не более 0,5% объемных долей для активных частей классов напряжения 220...500 кВ, 220...500 кВ, поставляемых на АЭС.

Температура заливаемого трансформаторного масла должна быть 60±10⁰С. Параметры по влагосодержанию должны обеспечиваться стабильной технологией обработки трансформаторного масла с выборочным контролем (1 раз в месяц)

Температуру заливаемого масла определять по термометру, установленному на маслопроводе у ВСШ.

Термовакuumная обработка активных частей производится в вакуумно-сушильных шкафах (ВСШ) вертикального, горизонтального исполнений. Нагревательная система вакуумно-сушильных шкафов должна обеспечивать перепад температур на высоте и периметру не более 15°C и минимальную температуру 105°C в любой точке шкафа. Средства измерений не должны иметь механических повреждений, должны быть проверены в соответствии с ГОСТ 8.513-84. После капитальных ремонтов нагревательной системы ВСШ необходимо проводить тепловой обмер шкафов. Атмосферный вентиль вакуумно-сушильного шкафа, обеспечивающий подсос воздуха при прогреве активной части, должен быть с противоположной стороны вакуумпровода. После ремонта вакуумно-сушильного шкафа или в случае, когда при предыдущем ведении режима возникали трудности в получении требуемой величины вакуума, необходимо производить проверку ВСШ на герметичность, следующим образом:

- закрыть ВСШ крышкой и при отключенных регистрах создать вакуум с минимальным остаточным давлением и не выключая насосов, поддерживать полученное давление в течение 1 часа;

- перекрыть запорным вентилем (вакуумным затвором) ВСШ от системы;

- остановить вакуумные насосы;

- записать в журнал сушки величину остаточного давления, а через 1 час записать второе показание вакуумметра;

- величина падения давления в ВСШ при испытании на герметичность в течение 1 часа не должна превышать величин, указанных в таблице 1. В случае превышения указанных величин необходимо срочно устранять неисправность.

Таблица 1 - Величина падения давления в ВСШ при испытании на герметичность в течение 1 часа

Трансформаторы, автотрансформаторы классов напряжения (кВ)	Остаточное давление		Величина падения давления	
	мл. рт. ст.	Па	мл. рт. ст.	Па
35...500	5	665	5	665

Подготовку сушильного и вакуумно-сушильного оборудования к проведению процесса, техническое обслуживание производят по документации завода (инструкция по эксплуатации №1074) Все оборудование должно иметь лакокрасочное покрытие в соответствии с требованиями технической эстетики и согласно ГОСТ 238552-79. КИП должны быть оснащены самописцами для записи на диаграммной ленте температуры и вакуума. Нагревательная система вакуумно-сушильных шкафов, не подлежащих надзору котлонадзора, должно проходить пневматические испытания 1 раз в год. После каждого порыва согласно правилам технической эксплуатации и правилам техники безопасности с отметкой в журнале регистрации о состоянии оборудования.

2.3 Прогрев активных частей

После загрузки активных частей в вакуумно-сушильный шкаф, включить нагрев и повышают температуру в шкафу до $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ без ограничения скорости. За температурой в ВСШ принимается температура в средней зоне по высоте активной части на расстоянии не более 100 мм от наружной изоляции. По достижении в ВСШ температуры воздуха $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ включают насос для продувки шкафа (ВСШ). Началом времени прогрева считают момент включения насоса. Прогревают активную часть при температуре в ВСШ $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ до температуры в канале остова в конце прогрева не менее 90°C . Прогрев активной части, остов

которой не имеет каналов, то есть невозможно установить термосопротивление по истечению времени, указанного в таблице 2.

Таблица 2 - Прогрев активных частей трансформаторов

Изделия	Класс напряжения, кВ	Мощность, мВ×А	Продолжительность, ч, не менее
Трансформаторы	35	До 16 вкл.	20
	66	Свыше 16	30
	55...110	До 16 вкл.	30
		Св. 16 до 125	45
		125 и выше	60
	132...150	До 63 вкл.	40
		Св. 63	60
	220	До 125	50
330	125 и выше	60	
	До 400	65	
400...500	400 и выше	90	
	Все мощности	85	
Автотрансформаторы	220	До 125	65
		125 и выше	80
	330...400	Все мощности	70
		500	До 267
		267 и выше	100

В процессе прогрева периодически каждые 2 часа создавать в вакуумно-сушильном шкафу вакуум (26,6...39,9) кПа (200...300) мм. рт. ст. на 15-30 мин. Величину вакуума регулировать атмосферном вентилем.

При термовакуумной обработке активных частей с регуляторами напряжения под нагрузкой, имеющими ограничения по температуре нагрева, прогрев и сушку активной части производить при температуре в вакуумно-сушильном шкафу, не превышающей допустимой для этих устройств. Если допустимая температура этих устройств находится в пределах $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$, то продолжительность прогрева должна быть на 15% более указанной в таблице 2, при температуре остова допускается не ниже 88°C ; прогрев согласно таблицы 3 только для $S_d V$).

Допустимая температура нагрева для регулирующих устройств:

1. $S_d V - 105^{\circ}C$

2. РС – $110^{\circ}C$

Продолжительность прогрева активных частей с регуляторами напряжения, вести согласно таблицы 3.

Таблица 3 - Продолжительность прогрева активных частей с регуляторами напряжения

Изделия	Класс напряжения, кВ	Мощность, мВ×А	Продолжительность, ч, не менее
Трансформаторы	35	До 16 вкл.	23
	66	св. 16	35
	110	До 16 вкл.	35
		Св. 16 до 125	52
		125 и выше	70
	132-150	До 63 вкл.	46
		Св. 63	70
	220	До 125	58
125 и выше		70	
330	До 400	75	
	400 и выше	104	
400-500	Все мощности	98	
Автотрансформаторы	220	До 125	75
		125 и выше	92
	330-400	Все мощности	81
	500	До 267	98
267 и выше		115	

Для трансформаторов, имеющих любые переключающие устройства (РС; $S_d V$), подъем температуры не должен превышать $15^{\circ}C$ за час. По окончании прогрева активной части снизить остаточное давление в вакуумно-сушильном шкафу без ограничения скорости до минимально возможного, но не более указанного в таблицы 4.

Таблица 4 - Остаточное давление в ВСШ

Класс напряжения, кВ	Мощность мВ×А	Остаточное давление, кПа (мм. рт. ст.) не более
35	До 16 вкл. Св. 16	1,3 (10) 0,6 (5)
66-150	Все мощности	0,6 (5)
220-500	То же	0,3 (2,5)

Для активных частей трансформаторов, имеющих регулирующее устройство типа S_dV , изменение вакуума (остаточного давления) не должно превышать 200 мм. рт. ст. Трансформаторы-выпрямители типа ТВТМ, КВТМ, АТВТМ и трансформаторы напряжением до 35 кВ, считать как трансформаторы класса напряжения 35 кВ.

2.4 Вакуумная сушка активных частей трансформаторов

Термовакuumная обработка (одинарный процесс).

Вакуумную сушку активных частей классов напряжения 35...150 кВ производить при температуре $100\pm 5^{\circ}\text{C}$, классов напряжения 220...500 кВ сушить при температуре $115\pm 5^{\circ}\text{C}$, при остаточном давлении не более указанного в таблицы 4, продолжительностью с таблицей 5.

Таблица 5 - Продолжительность сушки активных частей

Изделия	Класс напряжения, кВ	Мощность, мВ×А	Установившиеся значения хар-к изоляции, ч, не менее	Продолжительность вакуумной сушки, ч, не менее	
				min	max
трансформаторы и автотрансформаторы	35	До 16 вкл.	-	-	15
	66	Св. 16	12	15	20
	110	До 16 вкл.	12	20	25
		Св. 16 до 125	12	25	35
		125 и выше	24	30	40
	132-150	До 63 вкл.	12	20	30
		Св. 63	24	30	40
	220	До 125	24	30	40

Продолжение таблицы 5 «Продолжительность сушки активных частей»

Изделия	Класс напряжения, кВ	Мощность, мВ×А	Установившиеся значения хар-к изоляции, ч, не менее	Продолжительность вакуумной сушки, ч, не менее	
				min	min
	330	125 и выше	24	40	50
	400-500	До 400	24	40	50
		400 и выше	24	50	65
		До 267	24	45	60
		Св. 267	24	55	65

Продолжительность сушки активных частей с переключающим устройством типа S_dV должна быть на 10% более указанной в таблице 5, согласно таблицы 6.

Таблица 6 - Продолжительность сушки активных частей с переключающим устройством

Изделия	Класс напряжения, кВ	Мощность, мВ×А	Установившиеся значения хар-к изоляции, ч, не менее	Продолжительность вакуумной сушки, ч, не менее	
				min	max
трансформаторы и автотрансформаторы	35	До 16 вкл.	-	-	17
	66	Св. 16	12	15	22
	110	До 16 вкл.	12	20	28
		Св. 16 до 125	12	25	39
		125 и выше	24	30	44
	132-150	До 63 вкл.	12	20	33
		Св. 63	24	30	44
	220	До 125	24	30	44
	330	125 и выше	24	40	55
		До 400	24	40	55
	400-500	400 и выше	24	50	72
		До 267	24	45	66
Св. 267		24	55	72	

Началом сушки считать момент снижения давления в вакуумно-сушильном шкафу, началом вакуумной сушки – момент достижения в вакуумном шкафу остаточного давления, указанного в таблице 4, окончанием – начало снижения

температуры в шкафу. Критерием окончания вакуумной сушки активных частей при отсутствии конденсата считать:

- продолжительность вакуумной сушки – для класса напряжения 35 кВ мощностью до 16 МВ×А включительно;

- минимальная продолжительность в вакуумной сушки и время установившихся значений сопротивления изоляции обмоток или максимальная продолжительность для классов напряжения 35 кВ мощностью свыше 16 МВ×А, 110-150 кВ мощностью до 63 МВ×А;

- минимальная продолжительность в вакуумной сушки и время установившихся значений сопротивления изоляции обмоток ($h_{из}$), тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток ($tg \delta$) и отношения адсорбционной емкости к геометрической емкости обмоток ($\Delta c/c$) или максимальная продолжительность для классов напряжения 110-150 кВ мощностью 63 МВ×А и выше 220-500 кВ всех мощностей. Считать установившимися значения характеристик, если отклонения от минимальной величины не превышают:

- по $\Delta c/c$ – 5%, при его величине свыше не 4% и 0,2% (по абсолютному значению) при его величине 4% и менее;

- по $tg \delta$ – 5% при его величине свыше 2% и $\pm 1\%$ (по абсолютному значению) при его величине 2% и менее;

- по $h_{из}$ – 20% от наименьшего значения

По окончании вакуумной сушки активной части снизить температуру в вакуумно-сушильном шкафу до $75 \pm 10^0 C$ и залить в него без ограничения скорости трансформаторное масло. Сушку активных частей силовых трансформаторов, ранее полностью или частично пропитанных трансформаторным маслом, вести согласно инструкции, со следующими дополнениями:

- температура прогрева – $95-105^0 C$;

- прогрев считать окончанным при достижении магнитопровода не менее $80^0 C$;

- сушку вести до установившихся значений $h_{из}$, но не менее 50 часов при минимальном остаточном давлении.

2.5 Термовакuumная обработка в вакуумно-сушильном шкафу (ВСШ)

Первичный цикл ТВО активной части произвести в соответствии с одинарным процессом. Снизить температуру в ВСШ до $65 \pm 5^{\circ}\text{C}$ и активную часть выгрузить. Продолжительность нахождения активной части на воздухе после первичного цикла обработки до загрузки в ВСШ на вторичный цикл не должна превышать 36 часов. После загрузки активной части в вакуумно-сушильный шкаф на вторичный цикл, выполнить термовакuumную обработку согласно с одинарным процессом с учетом следующего:

- прогрев окончить при достижении температуры в канале остова не менее $90-2^{\circ}\text{C}$ при ограничении температурного режима в вакуумно-сушильном шкафу

- для активных частей, в каналы остовов которых температурные датчики не устанавливаются по времени составляющему не менее $\frac{1}{2}$ от указанного в таблице 2.

- сушку окончить при получении установившихся значений характеристик изоляции и минимальной продолжительности или максимальной продолжительности, указанных в таблице 7.

Таблица 7 - Установившиеся значения характеристик

Изделия	Класс напряжения, кВ	Мощность, мВ×А	Установившиеся значения хар-к изоляции, ч, не менее	Продолжительность вакуумной сушки, ч, не менее	
				min	max
трансформаторы и автотрансформаторы	220	Все мощности	16	40	50
	300-500	То же	24	40	50

Пропитка активных частей трансформаторным маслом

Уровень заливаемого масла в шкаф должен быть на 100 мм и выше активной части. Уровень масла контролировать по показателям уровнеметра. По достижении заданного уровня заливки масла в ВСШ, перекрыть вентиль на маслопроводе у шкафа. По окончании заливки масла в ВСШ произвести последовательно вакуумную пропитку изоляции активных частей трансформаторов при остаточном давлении не более указанного в таблице 4 и пропитку при атмосферном давлении. Продолжительность пропитки должна соответствовать таблицы 8.

Таблица 8 - Продолжительность пропитки

Класс напряжения, кВ	Продолжительность, ч, не менее	
	Вакуумной пропитки	Пропитки при атмосферном давлении
35	2	1
55-150	3	2
220-330	4	4
400-500	6	6

Допускается пропитку активной части класса напряжения 35 кВ мощностью до 16 МВ×А включительно производить в собственном баке. Перед сливом трансформаторного масла из ВСШ произвести измерение сопротивления изоляции обмоток (после окончания пропитки) Подсоединение соединительных проводов к обмоткам производить посредством зажимов (640-ТМ)/(ОГТ-619). Подсоединение обмоток производится к соответствующим проходным вводам ВСШ. Замеры изоляционных характеристик производить на фазе «В» - для 3-х фазных трансформаторов и на стержне «А» для однофазных трансформаторов. Минимально допустимое расстояние от заземленных частей до соединительных проводов:

- 100 мм для трансформаторов 35-110 кВ;
- 200 мм для трансформаторов 220-500 кВ

Сопротивление изоляции обмоток трансформатора измеряют в последовательности и по правилам, указанным в таблице 9.

Таблица 9 - Сопротивление изоляции обмоток трансформатора

Двухобмоточные и трехобмоточные трансформаторы		Трехобмоточные трансформаторы		Трансформаторы с расщепленной обмоткой НН	
Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансформаторов	Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансформаторов	Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансформаторов
НН ВН	ВН НН	НН СН ВН (ВН+СН)*	СН, ВН ВН, НН НН, СН НН	НН ₁ НН ₂ ВН (ВН+НН ₁ (2))*	НН ₂ , ВН НН ₁ , ВН НН ₁ , НН ₂ НН ₂ (1)

В журнале ведения термовакуумной обработки (в протоколе сушки), в графе «Примечание» необходимо записать: тип переключающего устройства, установленного на активную часть, время подачи и перекрытия пара, время начала и окончания заливки, пробивное напряжение заливаемого масла – его температуру, время окончания пропитки, время слива масла, время выгрузки активных частей из ВСШ. По окончании режима ТВО снять диаграммы приборов и сдать в ОТК. В диаграммной ленте необходимо отметить тип, номер трансформатора, дату загрузки, дату окончания ТВО, номер ВСШ, подпись технолога. Слить трансформаторное масло из ВСШ и активную часть выгрузить.

Выгрузка активных частей.

Перед выгрузкой активных частей из ВСШ необходимо открыть крышку ВСШ и выдержать в течение одного часа. Выгрузку активных частей из ВСШ начать не позднее 3 часов после открытия крышки ВСШ, если температура в

вакуумно-сушильном шкафу не более 70°C . Окончание ТВО активных частей, считать время окончания пропитки при атмосферном давлении. Крышку ВСШ разрешается открывать после того, как из шкафа полностью слито масло. Если по истечении 3 часов после открытия ВСШ выгрузка активных частей не произведена, то считать, что активные части находятся на воздухе. Для предохранения поверхности верхнего ярма от попадания грязи, строполою перед спуском в вакуумно-сушильный шкаф, необходимо вытереть подошвы обуви о войлочный коврик. При активном выделении паров масла, необходимо пользование респираторами типа РУ-60 или РПГ-67 патрон «А».

2.6 Хранение активных частей в ВСШ после термовакуумной обработки

В том случае, когда закончена термовакуумная обработка и пропитка изоляции активных частей трансформаторов, на участок III сборки не готов к дальнейшей обработке активной части, необходимо, не сливая масла из ВСШ, перейти на хранение активных частей. Хранить активные части в указанном режиме до готовности участка III сборки к сборке трансформатора. В том случае, когда масло из ВСШ слито, необходимо:

- не открывая шкафа, перекрыть вентиль, соединяющий ВСШ с атмосферой;
- создать в ВСШ остаточное давление не более 20 мм рт. ст. (2660) Па;
- по достижении указанного вакуума, необходимо активную часть выдержать под этим вакуумом не менее 2 часов и залить ВСШ трансформаторным маслом до уровня на 100 мм выше верхнего ярма самой активной части, находящейся в ВСШ и продолжить хранение. В случае необходимости слива масла из ВСШ допускается хранение активных частей без масла, в течение не более 53 часов, для этого необходимо:

- создать температуру в ВСШ $(60-80)^{\circ}\text{C}$ и поддерживать ее на протяжении всего срока хранения активных частей;

- создать в ВСШ остаточное давление не более 20 мм рт. ст. и поддерживать его в продолжении всего срока хранения. По истечении 53 часов хранения активных частей под вакуумом в ВСШ залить масло до уровня на 100 мм выше верхнего ярма самой высокой активной части, находящейся на хранении и продолжить хранение. Перед хранением создать в ВСШ остаточное давление не более 20 мм рт. ст., выдержать не менее 2 часов и залить в ВСШ масло. Допускается частичная выгрузка активных частей из ВСШ после ТВО, а также их перегрузка из шкафов в шкаф, при этом: время нахождения активных частей на воздухе, которые продолжают оставаться на хранении, суммируется с нормируемым временем III сборки трансформаторов.

Для предотвращения увлажнения изоляции трансформатора непропитанной трансформаторным маслом в ВСШ, невыгруженные на III сборке активные части после ТВО, остаются на хранении в ВСШ, поэтому необходимо выполнять хранение по следующей технологии (по окончании сушки, без пропитки маслом):

1. Перекрыть пар.
2. Хранить активные части под вакуумом согласно таблицы 4
3. Контроль температуры остова вести по прибору КСМ-4.
4. При снижении температуры остова до 50°C , сбросить вакуум (открыть вентиль для подачи воздуха в количестве 1 объема шкафа, после чего вентиль перекрыть). Для активных частей, неимеющих маслоканала, снижение температуры остова с 88 до 50°C определить по времени:

- 110-150 кВ – 120 ч

- 220 кВ – 200 ч

- до 35 кВ, 35 кВ – 40 ч

5. Поднять температуру в ВСШ до 110°C .

6. Прогреть активную часть до температуры остова 70°C , а при отсутствии

маслоканалов – по времени – 25 часов.

7. Поднять вакуум до остаточного давления в ВСШ, согласно таблицы 4;

8. Хранить активные части до снижения температуры остова с 70 до 50⁰С, а без маслоканала – по времени:

-110 кВ- 60 ч

-220 кВ – 110 ч

-до 35 кВ, 35 кВ – 20 ч

9. Если после этого активная часть не будет выгружена на III сборку, то хранение продолжить, выполнив требования пунктов 4,5,6,7 данного решения.

10. Выгрузить активную часть из ВСШ после ТВО и длительного хранения. Третьей сборке сдать макет изоляции б=3 мм на анализ влагосодержания изоляции после ТВО.

Таблица 10 - Перечень применяемого оборудования, приборов, приспособлений

Наименование	Тип	Класс точности	Предел измерения	ГОСТ, ОСТ, ТУ
Вакуумсушильные шкафы вертикального типа	ВСШ 51; 42			
Установка для дегазации трансформаторного масла	ВДУ			АХ815.00.000
Насосы вакуумные	НВЗ, РМК, ДВН, 2ДВН			ТУ26-08-716-71
Счетчик жидкости	ППВ-100/1,6-СУ		производительность от 10 до 100 м ³ /ч	
Манометр	ОВМ1-160	1,5	-1...0...1,5 кгс/см ²	ГОСТ 2405-88
Вакуумметр	13ВТЗ-003	погрешности: (-40-60)% (-50-100)%	(10 ⁻¹ ...10 ⁵)Па (0...75) мм рт. ст.	ГОСТ 22261-94
Самопишущий мост	КСМ-4	0,5	(0...150) (0...200)	

Продолжение таблицы 10 - Перечень применяемого оборудования, приборов, приспособлений

Наименование	Тип	Класс точности	Предел измерения	ГОСТ, ОСТ, ТУ
Устройство контроля и регистрации ГСП	ФЦЛ-501-06	пред. доп. погрешность 0,5%	$(0 \dots 150)^{\circ}\text{C}$	ТУ25-7217-9009-89
Прибор А650М-002-14		погрешность 0,5%	$(0 \dots 150)^{\circ}\text{C}$	ТУ25-7217-9011-90
Термометр сопротивления	ТСП-8052			ГОСТ6651-94
Прибор контроля емкости изоляции	ПКВ-7	погрешность 5%		ТУ25-07-465-69
Мост переменного тока	P5026	погрешность от $\pm(0,5+(100/c^*)\%)$ до $\pm 2,5\%$		ТУ25-04-2424-74
Мегаометр	МЕГ-9	погрешность не более +1% +1,5%	«X10» и «x10 ⁻¹ »	ГОСТ23706-93
Уровнеметр	УДУ-10-111			ТУ25-02-07374
Приспособление для замера расстояния от нагрева. до изоляции тр-ра				АС63.6380661»А»
Зажим для соединительных проводов к обмоткам				(640-М)/(ОГТ-619)
Страховочное приспособление для работы в ВСШ				ВЕИЛ.61.04.7.35.000С Е
Приспособление для выдвижения канатов				
Лестница приставная	2,5 м			ЯК 08.7.07000.01
Пояс предохранительный безлямочный (самортизаторным)	Аа			ГОСТ Р50849-96

Таблица 11 - Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции ($h_{из}$) обмоток в масле (МОм)

Температура обмотки, °С	40	45	50	55	60	65	70
($h_{из}$) в МОм для обмотки ВН до 35 кВ включительно выше 10000кВа и 110 кВ независимо от мощности	472	314	257	214	171	128	100
($h_{из}$) в МОм для обмотки ВН выше 110 кВ независимо от мощности	419	372	286	243	214	171	114

2.7 Пожарная опасность трансформаторов и маслонаполненных аппаратов

По способу охлаждения трансформаторы делятся на сухие и масляные. У сухих трансформаторов обмотки и сердечник охлаждаются окружающим воздухом. Эти трансформаторы менее пожароопасные, чем масляные, так как в них горючим материалом является лишь твердая изоляция – бумажно-бакелитовые цилиндры, а также бумажная и хлопчатобумажная изоляция обмоток, пропитанная лаками.

Современные мощные трансформаторы имеют преимущественно масляное охлаждение: естественное или искусственное. С введением в трансформатор минерального масла увеличивается пожарная опасность, так как масло горит, а пары его в смеси с воздухом воспламеняются под действием электрической дуги, искр и т. п.

Минеральное изоляционное масло (трансформаторное) является продуктом дробное перегонки нефти. Масло обладает хорошими электроизоляционными свойствами. Благодаря своей малой вязкости и высокой текучести оно глубоко проникает в поры волокнистой изоляции (бумага, картон и др.), повышая ее

электрическую прочность. Одновременно масло является хорошим переносчиком тепла и используется для охлаждения трансформаторов. Благодаря хорошим электроизолирующим свойствам и доступности масла оно широко применяется не только в трансформаторах, но также в выключателях, реостатах, конденсаторах и кабелях.

Горючими материалами в масляных трансформаторах являются: изоляционное масло, применяемое в больших количествах, деревянные детали (планки для крепления отводов, клинья, ярмовые балки – у трансформаторов малых габаритов), а также бумажная и хлопчатобумажная изоляция обмоток. В сухих трансформаторах минеральное масло отсутствует, а остальные горючие материалы аналогичны применяемым в масляных трансформаторах.

Эксплуатация трансформаторов протекает в большинстве случаев в таких условиях, при которых возможно воспламенение и горение изоляции. Так, в сухих трансформаторах при сильных перегревах обмоток хлопчатобумажная изоляция, пропитанная лаками, может воспламениться и гореть под воздействием кислорода окружающего воздуха. В масляных трансформаторах при перегреве обмоток и магнитопровода или при образовании электрических дуг изоляционное масло может воспламениться, причем вероятность его воспламенения возрастает при перегреве масла, например вследствие перегрузки трансформаторов. Так как в масле постоянно содержится некоторое количество растворенного кислорода и в него все время проникает воздух через отверстие в дыхательной пробке, то при работе трансформаторов всегда имеются условия для воспламенения масла. Газы, образующиеся при термическом распаде масла, могут прорвать стенку или крышку бака, и тогда горение масла получает полное развитие, превращаясь в пожар.

Перегрев и воспламенение изоляции трансформаторов возникают при различных аварийных явлениях, к которым относятся следующие короткие замыкания – межвитковые, между фазами, между фазой и корпусом, между

обмотками высшего и низшего напряжения. Причинами коротких замыканий могут служить: плохое выполнение изоляции катушек заводом-изготовителем, например, повреждение ее во время запрессовки катушек, длительные перегрузки трансформаторов, при которых изоляция быстро стареет и становится хрупкой, замыкание отводов – проводов, отходящих от обмоток к выключателям и др.

Большие переходные сопротивления в местах соединений в трансформаторе образуются на участках с плохо выполненными соединениями обмоток или обмоток и кабелей, идущих к выключателю, а также в других местах. В сухих трансформаторах участки с плохим контактом между токоведущими элементами (провода, стержни, шины) начинают дымить и могут вызвать обугливание изоляции обмоток и ее воспламенение. В масляных трансформаторах вокруг мест с большими переходными сопротивлениями начинается термическое разложение масла на газообразные части. На это обычно реагирует газовое реле. В трансформаторах без газового реле и других сигнальных и защитных устройств разложение масла приводит к тяжелым авариям.

«Пожар стали» магнитопровода. Это явление заключается в чрезмерном нагреве вихревыми токами какой-либо части магнитопровода вследствие нарушения изоляции между листами стали или между магнитопроводом и стягивающими его шпильками. Перегрев магнитопровода может привести к разложению и к его воспламенению.

Внутренние разряды (перекрытия) с образованием электрической дуги в масле. Перекрытия могут возникать между обмотками высшего и низшего напряжения, между обмоткой высшего напряжения и стенкой бака трансформатора, а также по поверхностям фарфоровых изоляторов. Они образуются вследствие снижения электрической прочности масла при его увлажнении и загрязнении либо вследствие возникновения перенапряжений, вызываемых атмосферным электричеством или коммутационными процессами в системе нескольких включенных трансформаторов. В загрязненном или

увлажненном масле, как правило, происходит длительный искровой разряд, который может перейти в дугу, вызывающую термическое разложение масла и даже его воспламенение. При перенапряжениях искровые разряды образуются даже в чистом масле.

На возникновение перекрытий также реагирует газовое реле, которое своевременно отключает трансформатор от сети. При отсутствии или несрабатывании газового реле и других приборов защиты длительно горящая электрическая дуга может вызвать сильный перегрев масла и его воспламенение. В сухих трансформаторах перенапряжения приводят к пробоем твердой изоляции, а при длительно горящей дуге – к воспламенению изоляции. Из других причин, вызывающих опасные нагревы и воспламенения изоляции в трансформаторах, следует отметить понижение уровня масла в баках в результате утечки.

Опасность масляных выключателей. Масляные выключатели служат для отключения цепей переменного тока высокого напряжения и большой мощности под нагрузкой. Различают масляные выключатели с большим объемом масла (более 60 кг) – баковые и с алым объемом масла – горшковые - малообъемные. В многообъемных масляных выключателях масло служит исключительно для гашения дуги, а токоведущие части от стенок бака изолируют при помощи твердых электроизоляционных материалов, а также воздуха.

Малообъемные масляные выключатели надежнее, чем многообъемные. Опасность взрыва или пожара от них значительно меньше чем от баковых, так как масло применяется в небольших количествах, не превышающих 10-25 кг. Они применяются при напряжении в установках до 10 кВ и токе до 1000 А. Металлические горшки выключателей находятся под напряжением. В момент взрыва цепи между неподвижным розеточным контактом и подвижным стержнем возникает электрическая дуга, которая разлагает масло. Продукты разложения масла (водород, ацетилен, метан, этилен и др.) создают давление в дугогасительной камере. Возникает дутье масла и газов через щели камеры

(поперечное) и продольное вслед за подвижным стержнем. Дуга деионизируется и гасится. Продукты разложения масла (газы с воздухом) взрывоопасны. В этом их пожарная опасность.

Причинами пожаров и взрывов масляных выключателей могут быть:

1) недостаточный слой масла над контактами. Газовые пузыри, возникающие при гашении дуги, прорывают этот слой и образуют с воздухом взрывчатую смесь, которая может взорваться. Такая опасность создается в тех случаях, когда температура прорвавшихся газов и концентрация газовой смеси достаточны для самовоспламенения.

2) наличие очень толстого слоя масла над контактами. Газовые пузыри при горении дуги энергично вытесняют масло. Оно быстро поднимается вверх и ударяет в крышку выключателя. Удар в крышку может быть такой силы, что она оторвется, а масло выплеснется из выключателя. Продолжающаяся гореть электрическая дуга может вызвать воспламенение оставшегося в выключателе масла.

3) образование мощных электрических дуг при весьма больших токах короткого замыкания. Такие дуги масляный выключатель не всегда способен погасить. При длительном горении дуги выделяется из масла большое количество газов, вызывая быстрое погашение давления в выключателе. Давление может достигнуть такого предела, при котором выключатель взрывается. Взрыв, как правило, сопровождается воспламенением масла.

4) неисправность выключающего устройства в масляном выключателе. В этом случае дуга может длительно гореть, вызывая бурное образование газов и быстрое повышение давления внутри выключателя. Непрерывно увеличивающееся в объеме газы могут прорваться через слой масла, не рассчитанный на такое большое давление. Кроме того, масло может быстро подняться и ударить в крышку выключателя, что приведет к таким же последствиям, как при наличии очень толстого слоя масла над контактами;

5) образование внутренних искровых перекрытий, которые часто переходят в дуги. Перекрытия могут возникать между контактными устройствами, принадлежащими различным фазам, а также между контактными устройствами и стенкой бака выключателя. Причиной образования перекрытий может служить низкая электрическая прочность масла, связанная с его увлажнением и загрязнением продуктами старения и термического распада, образующиеся при многократных выключениях.

В последнее время получили применения так называемые автогазовые без масляные выключатели. Дуга в них гасится газами, обильно выделяемыми стенками газогенерирующих изоляционных материалов, к которым относятся фибра, органическое стекло и полихлорвинил. Автогазовые выключатели неопасны в пожароопасном отношении, но могут работать при небольших мощностях. Существуют также воздушные выключатели, в которых дуга гасится сжатым воздухом. Они рассчитаны на большие мощности, чем масляные выключатели, и безопасны в пожарном отношении, но имеют сложную конструкцию.

2.8 Требования безопасности при технологическом процессе

К физически опасным факторам относятся: подвижные части производственного оборудования; расположение рабочего места на значительной высоте и глубине, относительно поверхности пола.

К вредным производственным факторам относится горячее трансформаторное масло и его пары. При ведении технологического процесса сушки активных частей трансформаторов, обслуживающему персоналу запрещается:

- оставлять рабочее место без ведома сменного технолога;
- чистить, смазывать и ремонтировать работающее оборудование;

- становиться на барьеры площадок, предохранительные муфты, кожухи муфт, подшипников, а также на трубопроводы конструкций и перекрытия, не предназначенные для перехода по ним и не имеющие поручней и специальных ограждений.

Паропровод и маслопровод должны быть теплоизолированы. Персоналу, обслуживающему участок термовакуумной обработки (ТВО) не разрешается:

- опускаться в ВСШ и проводить строповочные работы, если из шкафа полностью не слито масло;

- до полного сбрасывания вакуума открывать крышку ВСШ при закрытом кране для пуска воздуха;

- курить на участке.

На всех рабочих местах участка ТВО должно быть освещение согласно существующим нормам, не менее 50 лк. Персонал, обслуживающий участок ТВО обязан знать месторасположение противопожарного инвентаря и уметь им пользоваться. Обувь строполя должна быть на устойчивой из маслостойкого материала подошве. При активном выделении паров, трансформаторного масла необходимо пользоваться респиратором.

3. ЗАДАЧИ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

В соответствии с анализом противопожарного состояния ВСШ цеха №17 трансформаторного корпуса ООО «Тольяттинский Трансформатор» и поставленной целью в данной работе надо решить следующие задачи:

- 1) Разработать противопожарные мероприятия на объекте;
- 2) Защитить ВСШ автоматической системой пожаротушения;
- 3) Разработать противопожарный водопровод, необходимый для нужд пожаротушения;
- 4) Разработать схему расстановки сил и средств при тушении возможного пожара, используя имеющиеся средства тушения в гарнизоне.

4. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ. РАСХОДЫ И НАПОРЫ ВОДЫ В ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДАХ

4.1 Классификация систем водоснабжения

Системой водоснабжения называют комплекс инженерных сооружений, предназначенных для забора воды из водоисточника, ее очистки, хранения и подачи к местам потребления.

Назначение пожарного водоснабжения заключается в обеспечении необходимых объемов воды под требуемым напором в течение нормативного времени тушения пожара при условии достаточной степени надежности работы всего комплекса водопроводных сооружений.

По надежности подачи воды системы водоснабжения подразделяются на три категории в соответствии с данными таблицы 12.

Таблица 12 - Категория надежности водопроводов

Характеристика водопотребления	Категория надежности
Предприятия металлургической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности, электростанции; хозяйственно-питьевые водопроводы населенных пунктов с числом жителей более 50000 человек – допускается снижение подачи воды не более чем на 30% расчетных нормативов длительностью до 3 суток	I
Предприятия угольной, горно-рудной, нефтеперерабатывающей, машиностроительной и других видов промышленности; хозяйственно-питьевые водопроводы населенных пунктов с числом жителей до 50000 человек и групповые сельскохозяйственные водопроводы – допускается снижение подачи воды не более чем на 30% расчетных нормативов, продолжительностью до 1 месяца, или перерывы в подаче воды сроком до 5 часов	II
Мелкие промышленные предприятия; системы орошения сельскохозяйственных земель; хозяйственно-питьевые водопроводы населенных пунктов с числом жителей до 500 человек – допускается перерыв в подаче воды до 1 суток или снижение подачи воды не более 30% расчетных нормативов сроком до 1 месяца	III

По виду обслуживаемого объекта системы водоснабжения подразделяются на городские, поселковые, а также промышленные, сельскохозяйственные, железнодорожные и другие.

По виду используемых природных источников различают водопроводы, забирающие воду из поверхностных источников (рек, водохранилищ, озер, морей) и подземных (артезианских, родниковых). Имеются также водопроводы смешанного питания.

При больших расходах воды предприятия могут иметь самостоятельные системы водоснабжения, обеспечивающие их хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды. В этом случае обычно сооружают хозяйственно-противопожарный и производственный водопроводы. Совмещение пожарного водопровода с хозяйственным, а не с производственным объясняется тем, что производственная водопроводная сеть обычно бывает менее разветвленной и не охватывает всех объемов предприятия. Кроме того, для некоторых технологических процессов производства вода должна подаваться под строго определенным напором, который при тушении пожара будет изменяться. А это может привести либо к увеличению расхода, что экономически нецелесообразно, либо к аварии производственных аппаратов. Самостоятельный противопожарный водопровод устраивают обычно на наиболее пожароопасных объектах – предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, складах нефти и нефтепродуктов, лесобиржах, хранилищах сжиженных газов и др.

Противопожарные водопроводы (отдельные или объединенные с водопроводами другого назначения) бывают низкого и высокого давления. В водопроводах низкого давления необходимый напор у стволов создается передвижными пожарными насосами, установленными на гидранты. В водопроводах высокого давления вода к месту пожара подается по рукавным

линиям непосредственно от гидрантов под напором от стационарных пожарных насосов, установленных в насосной станции.

4.2 Схемы водоснабжения промышленных предприятий

Схема производственного водоснабжения промышленных предприятий зависит от характера производства, мощности и расположения водоисточника и бывают прямоточные, оборотные и последовательные.

При прямоточном водоснабжении вода для производственных целей подается из водоисточника насосной станцией по водопроводной сети в цеха. Отсюда отработанная вода по канализационной сети поступает в тот же водоем – после отработки в очистных сооружениях. Если для производственных нужд необходимо подавать воду под различным давлением, на НС устанавливается несколько насосов, питающих обособленные сети. Для хозяйственно-противопожарных нужд предприятия вода после очистки подается в самостоятельную сеть.

При оборотном водоснабжении использованная в технологическом процессе вода не сбрасывается в водоисточник, как при прямоточном водоснабжении, а вновь подается из отстойников потребителям после соответствующей обработки. Для пополнения потерь воды (3-5% - испарение, утечка) в оборотный цикл добавляют свежую воду из источника.

При последовательном водоснабжении вода, использованная одним потребителем, может применяться во втором цикле, а иногда и третьем технологическом цикле промышленного предприятия, после чего сбрасывается в канализационную сеть для обработки в очистных сооружениях.

Хозяйственно-противопожарный водопровод промышленного предприятия может питаться водой от общего городского (или районного) водопровода, а при

их отсутствии или малой мощности схемы разрабатываются с самостоятельными источниками водоснабжения.

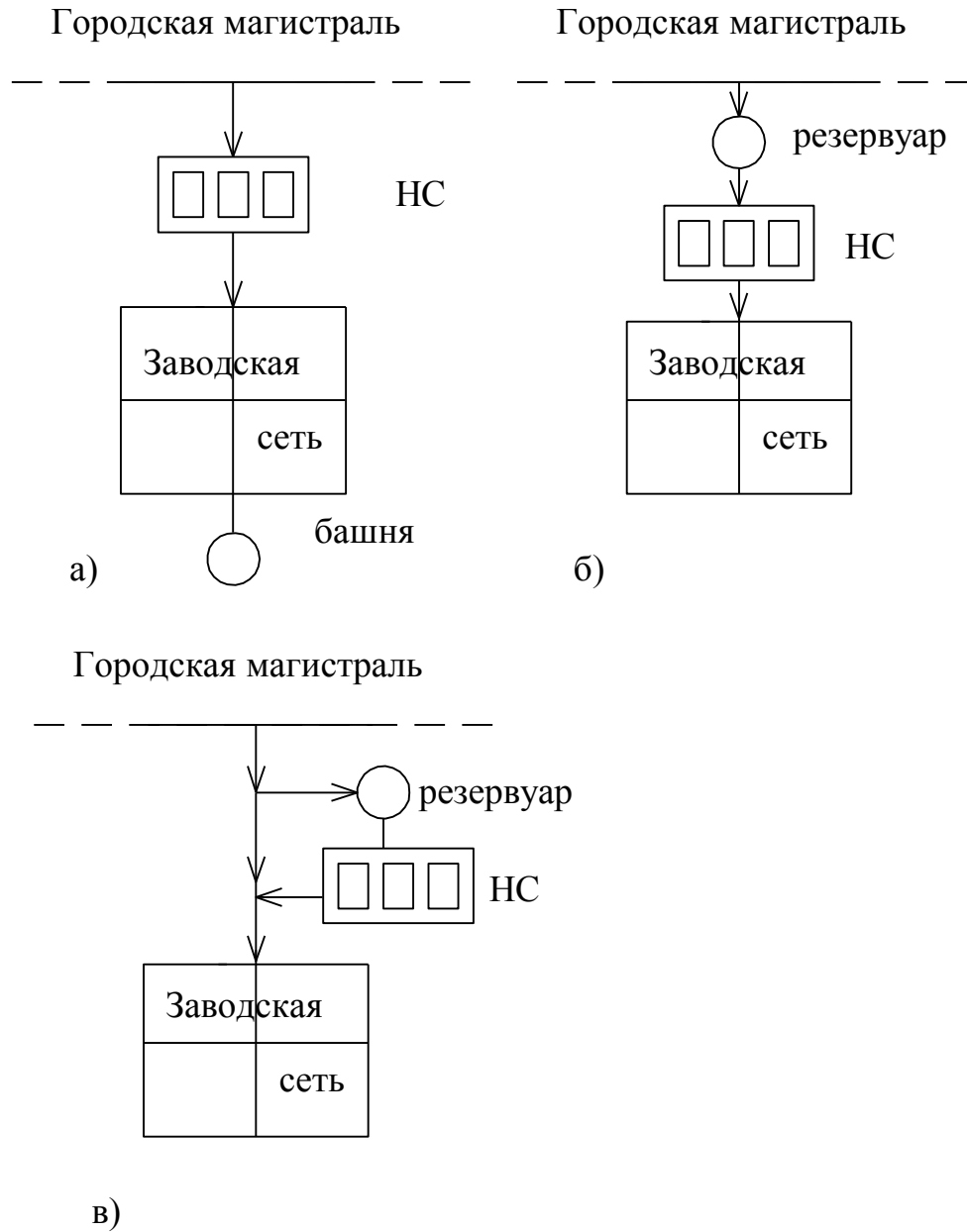


Рисунок 1 - Схема подачи воды предприятиям

Схема «а» – при подаче воды от городской сети, превышающей расход воды на хозяйственно-питьевые и пожарные нужды предприятия;

Схема «б» – при подаче воды от городской сети, обеспечивающей хозяйственно-питьевые нужды, но меньше требуемого пожарного расхода предприятия;

Схема «в» – при подаче воды от городской сети, меньшей требуемого расхода на хозяйственно-питьевые и пожарные нужды предприятия.

Если хозяйственно-противопожарный водопровод не обеспечивает возросших потребностей в воде, то иногда прибегают к устройству пожарных гидрантов на производственном водопроводе. Для нужд пожаротушения могут быть использованы также пруды – охладители, брызгальные бассейны и градирни, в которых вода не замерзает даже в сильные морозы. В этом случае предусматривают устройство подъездов и специальных колодцев для забора воды передвижными насосами, однако необходимо помнить, что при температуре воды 60-70⁰С работа центробежных насосов по ее перекачке становится практически невозможной. При строительстве пожарных подъездов необходимо стремиться к тому, чтобы высота всасывания насосов (расстояние от уровня воды до оси насоса) была минимальной.

Благоустройство зданий и повышение жизненного уровня обуславливают изменение количество расходуемой воды, поэтому нормы водопотребления периодически пересматриваются. При проектировании системы водоснабжения прежде всего определяют, сколько воды и какого качества требуется подавать конкретному объекту. Вода расходуется различными потребителями на самые разнообразные нужды, которые можно разделить по назначению на следующие группы.

4.3 Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления

Сюда входит расход воды на бытовые нужды: питье, приготовление пищи, стирка, личная гигиена и гигиена жилищ. Сюда же относят расход воды на

благоустройство населенного пункта или предприятия: поливку улиц и тротуаров, зеленых насаждений, посадок в теплицах, работу фонтанов и т. п. Кроме того, здесь следует учитывать расход воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих на предприятиях.

Расход воды для производственных целей на предприятиях промышленности, транспорта, энергетики, сельского хозяйства и т. п. (парообразование, охлаждение, конденсация пара, изготовление различных фабрикатов, промывка продукции и пр.)

Кроме того, вода расходуется на собственные нужды водопровода (промывка фильтров, водоприемных устройств, сети и др.).

При тушении пожара водопроводные сооружения должны пропускать одновременно объем воды, необходимый для пожаротушения и удовлетворения хозяйственно-питьевых и производственных нужд.

Общий расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения пропорционален числу жителей в населенном пункте. Удельный расход, то есть расход на одного жителя, зависит от характера санитарно-технического оборудования зданий, благоустройства населенного пункта и климатических условий, таблица 13.

Таблица 13 - Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в населенных пунктах

Степень благоустройства районов жилой застройки	Норма на одного жителя среднесуточная (за год) $q_{ж}$, л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125-160
То же, с ваннами и местными водонагревателями	160-230
То же, с централизованным горячим водоснабжением	250-350
Водопотребление из водозаборных колонок	30-50

4.4 Расчет норм расхода воды для пожаротушения

Общий расчетный расход воды $Q_{\text{пож}}$ на пожаротушение складывается из суммы наружного расхода от гидранта $Q_{\text{н}}$ и внутреннего – от пожарных кранов $Q_{\text{вн}}$, а также от стационарных спринклерных или дренчерных установок $Q_{\text{уст}}$, таким образом, он равен:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{вн}} + Q_{\text{уст}}, \quad (1)$$

При объединенном водопроводе этот расход должен быть обеспечен с учетом наибольшего потребления на другие нужды населенного пункта или промышленного предприятия, исключая расходы воды на поливку территории, прием душа, мытье полов и мойку технологического оборудования предприятия.

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение через гидранты на промышленном предприятии или сельскохозяйственном комплексе зависит от категории пожарной опасности производства, степени огнестойкости строений и зданий, их объема и конструктивных особенностей.

Для производственных зданий шириной до 60 м (с фонарями, а также без фонарей) данные нормативного расхода указаны в таблице 14.

Таблица 14 - Расход воды на наружное пожаротушение на промышленных предприятиях

Степень огнестойкости зданий	Категория помещений по пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс. м ³						
		до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 20	св. 20 до 50	св. 50 до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 600
I и II	Г, Д,	10	10	10	10	15	20	25
I и II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40

Продолжение таблицы 14 - Расход воды на наружное пожаротушение на промышленных предприятиях

Степень огнестойкости зданий	Категория помещений по пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс. м ³						
		до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 20	св. 20 до 50	св. 50 до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 600
III	Г, Д	10	10	15	25	35		—
III	В	10	15	20	30	40		
IV и V	Г, Д	10	15	20	30	—	—	—
IV и V	В	15	20	25	40		—	—

Определим для трансформаторного корпуса ООО «Тольяттинский Трансформатор» наружный расход воды на пожаротушение согласно таблицы 13:
 $Q_{н}=30$ л/с

Согласно СНиП 2.04.01-85 таблице 2, расход воды на внутреннее пожаротушение трансформаторного корпуса составит: 2 струи по 5 л/с:

$$Q_{вн}=10 \text{ л/с}$$

Расход воды на пожаротушение (внутренний и наружный) сведем в таблицу 15.

Таблица 15 - Расход воды на пожаротушение

№ п/п	Наименование зданий и сооружений	Строит. объем, м ³	Категория пожароопасности	Этажность	Степень огнестойкости строительных конструкций	Расход воды на пожаротушение			Нормативные документы
						Внутренний (ПК)	Наружный (ПГ)	Итого	
1	Трансформаторный корпус	100000	В	1	II	10	30	40	СНиП 2.04.01-85 СНиП 2.04.02-84

Наружное водоснабжение ООО «Тольяттинский Трансформатор» осуществляется от двух водоводов, а именно:

- волжской воды от Комсомольского водозабора;
- артезианской воды от ОАО «Тольяттикаучук»

Диаметр Водоводов 200 мм

Согласно таблицы 16 определяем по диаметру труб водоотдачу водопроводных сетей:

- для кольцевой водопроводной сети при $d=200$ мм и $H=40$ м. вод. ст. - $Q=130$ л/с

- для тупиковой водопроводной сети при $d=100$ мм и $H=40$ м. вод. ст. – $Q=60$ л/с

Таблица 16 - Водоотдача водопроводных сетей

Напор в сети (до пожара) м. вод.ст.	Вид водопровод. сети	диаметр труб, мм						
		100	125	150	200	250	300	350
		водоотдача водопроводных сетей, л/с						
10	тупиковая	10	20	25	30	40	55	65
	кольцевая	25	40	55	65	85	115	130
20	тупиковая	14	25	30	45	55	80	90
	кольцевая	30	60	70	90	115	170	195
30	тупиковая	17	35	40	55	70	95	110
	кольцевая	40	70	80	110	145	205	235
40	тупиковая	21	40	45	60	80	110	140
	кольцевая	45	85	95	130	185	235	280
50	тупиковая	24	45	60	70	90	120	160
	кольцевая	50	90	105	145	200	265	325
60	тупиковая	26	47	55	80	110	140	190
	кольцевая	52	95	110	163	225	290	380

Продолжение таблицы 16 - Водоотдача водопроводных сетей

70	тупиковая	29	50	65	90	125	160	210
	кольцевая	58	105	130	182	255	330	440
80	тупиковая	32	55	70	100	140	180	250
	кольцевая	64	112	140	205	287	370	500

Основной задачей расчета водопроводной сети – определить диаметр труб и потери напора на всех участках, исходя из того, чтобы обеспечить наиболее экономичный режим работы всего водопровода и минимальную стоимость строительства водопроводных сетей.

Зная потери напора в наружной водопроводной сети, можно определить напор, который должны создавать насосы.

В практике расчеты трубопроводов обычно проводят не по формулам, а по составленным по той или иной расчетной формуле таблицам, значительно упрощающим вычисление (Н. А. Тарасов-Агалков «Практическая гидравлика в пожарном деле» табл. 8-12.)

Кроме того можно пользоваться таблицами значений сопротивлений s . При умножении значений сопротивлений на квадрат расхода получают потери напора в данном трубопроводе. Так, если гидравлический уклон определяется по формуле: $i=10,293 \times n^2 \times (Q^2/D^{5,33})$,

то для трубы заданного диаметра и принятого коэффициента n данную формулу можно упростить, обозначив $(10,293 \times n^2)/D^{5,33}=A$, тогда $i=A \times Q^2$

Так как потери напора на участке трубопровода длиной l равняется:

$$h_l = i \times l, \quad (2)$$

то для потерь напора на участке трубопровода длиной l формула примет вид:

$$h_l = A \times l \times Q^2, \quad (3)$$

где, A – удельное сопротивление труб, с/л^2 ;

l – длина расчетного участка трубопровода, м;

Q – расход воды, л/с

Обозначив в данной формуле $A \times l$ через s (где s – сопротивление), получим:

$$h_l = S \times Q^2, \quad (4)$$

При скоростях движения воды, равных 1,2 м/с, удельное сопротивление определяем по таблице 17 , при меньших скоростях – по той же таблице, но с учетом поправочного коэффициента K , таблица 18.

Потери напора на местные сопротивления h_m (в задвижках, переходах и т. п.) принимаются без расчета в размере 10-15% потерь напора по длине трубопровода.

Таблица 17 - Удельное сопротивление

Диаметр условного прохода D , мм	Трубы стальные водогазопроводные (газовые), ГОСТ 3262-62		Трубы стальные и чугунные		
	A (с/м^3) ²	A (с/л) ²	стальные электросварные, ГОСТ 10704-63	чугунные напорные, ГОСТ 5525-61 и ГОСТ 9583-61	
				класс ЛА	класс А
	A (с/м^3) ²	A (с/л) ²	A (с/м^3) ²	A (с/м^3) ²	A (с/л) ²
50	11080	0,011080	3686	11540	-
60	-	-	2292	-	-
70	3009	0,003009	-	-	-
75	-	-	929,4	-	-

Продолжение таблицы 17 - Удельное сопротивление

80	1167	0,001167	454,3	953,3	-
90	529,4	0,005294	-	-	-
100	281,3	0,0002813	172,9	311,7	-
125	86,22	0,00008622	76,36	96,72	-
150	33,94	0,00003394	30,65	37,11	-
175	-	-	20,79	-	-
200	-	-	6,959	8,092	-
250	-	-	2,187	2,528	-
300	-	-	0,8466	0,9485	-
350	-	-	0,3731	-	0,4365
400	-	-	0,1859	-	0,2189
450	-	-	0,09928	-	0,1186
500	-	-	0,05784	-	0,06778

Таблица 18 - Удельное сопротивление с учетом поправочного коэффициента

V, м/с	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
K	1,15	1,115	1,085	1,06	1,04	1,03	1,015	1

$$hl_{(426)} = A \times l \times Q^2, \quad (5)$$

$$hl_{(426)} = 6,959 \times 200 \times 0,040^2 = 2,22 \text{ м}$$

Таким образом можно определить потери напора на любом участке трубопровода. Исходя из того, что в тушении возможного пожара будет задействовано 4 АЦ, установленных на водоисточник и подано 12 ГПС-600, 2 ст. «А», 2 ст. «Б», то определим общий требуемый расход воды на тушение и защиту:

$$Q_{\text{тр}} = N_{\text{ГПС}} \times Q_{\text{ГПС}} + N_{\text{ств. «А»}} \times q_{\text{ств. «А»}} + N_{\text{ств. «Б»}} \times q_{\text{ств. «Б»}}, \quad (6)$$

$$Q_{\text{тр}} = 12 \times 5,64 + 2 \times 7 + 3,5 \times 2 = 89 \text{ л/с}$$

Определим водоотдачу кольцевого водопровода:

$$Q_{\text{к расч}}=(\emptyset/25)^2 \times V_{\text{в}}=8^2 \times 2=128 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{к факт}}=40 \text{ л/с} - \text{пожарный водопровод}$$

$$Q_{\text{к факт}}=40 \text{ л/с} - \text{артезианский водопровод}$$

ИТОГО: 80 л/с

Из расчета видно, что имеющийся водопровод не обеспечит требуемый расход воды на тушение, поэтому необходимо использовать пожарные водоемы.

Расход воды на внутренне пожаротушение $Q_{\text{вн}}$ и число струй, одновременно подаваемых от пожарных кранов, должен определяться в зависимости от назначения, этажности и объема здания, в соответствии с нормами СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

По таблице 3 СНиП 2.04.01-85 выбираем пожарный кран диаметром 65 мм со следующими характеристиками:

- длина рукава – 20 м;
- диаметр sprыска наконечника пожарного ствола – 19 мм;
- производительность пожарной струи – 7,5 л/с;
- свободный напор у пожарного крана при высоте здания 39,7 м. вод. ст.

Высота компактной струи для внутреннего пожаротушения в жилых зданиях, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий высотой до 50 м составит 6 м; высотой свыше 50 м – 16 м.

Радиус действия пожарного крана $R_{\text{кр}}$ рассчитываем по формуле:

$$R_{\text{кр}}=l_{\text{р}}+R_{\text{к.пр}}, \quad (7)$$

где, $l_{\text{р}}$ – длина пожарного рукава, $l_{\text{р}}=20$ м;

$R_{\text{к.пр}}$ – проекция радиуса части струи.

Для практических расчетов можно принять $R_{к.пр}=R_к/2$, где радиус компактной части струи $R_к$ принимается равным высоте помещения. (СНиП 2.04.01-85 п. 6.8)

$$R_{кр}=20+6=26 \text{ м.}$$

4.5 Расчет свободного напора в системе водоснабжения

Гидростатический напор в наружной водопроводной сети устанавливается с учетом высоты здания. Минимальный свободный напор в сети водопровода населенного пункта при хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание над поверхностью земли должен приниматься при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большей этажности на каждый этаж следует добавлять 4 метра. В часы минимального водопотребления напор на каждый этаж, кроме первого, допускается принимать 3 метра. Для отдельных зданий повышенной этажности или зданий, расположенных на возвышении, целесообразнее использовать местные или зонные системы водоснабжения.

В противопожарных водопроводах низкого давления свободный напор при пожаротушении должен быть достаточным для забора воды из гидрантов пожарными насосами. В соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» минимальный свободный напор на уровне поверхности земли в этом случае принимается равным 10 м. Этот запас напора должен превышать его потери h в гидранте $h_г$, пожарной колонке $h_к$ и в рукавных патрубках $h_р$, соединяющих колонку с насосом:

$$h = h_г + h_к + h_р = (S_г + S_к + S_р) \times Q^2, \quad (8)$$

где $S_г$ – сопротивление гидранта – 0,0016;

$S_к$ – сопротивление колонки – 0,0035;

S_p – сопротивление рукавных патрубков при $d=77$ мм – 0,0033

Отсюда найдем, какой расход воды можно обеспечить для тушения пожара от одного гидранта при свободном напоре в 10 м

$$Q=\sqrt{(h/\sum S)}=\sqrt{(10/0,0084)}=39,5 \text{ л/с}$$

Как видно, расход в данном случае не превышает подачи современных передвижных пожарных насосов, следовательно, он является минимально допустимым.

В противопожарных водопроводах высокого давления свободный напор в сети должен обеспечивать высоту компактной струи не менее 10 м при полном пожарном расходе воды, расположение ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания и подаче воды по непрорезиненным пожарным рукавам длиной 120 м, диаметром 66 мм, с насадками диаметром 19 мм, при расчетном расходе каждой струи 5 л/с.

Исходя из этих положений, определим напор в водопроводной сети у гидранта, отнесенный к поверхности земли:

$$H=h_T+h_K+h_P+H_{CT}+T, \quad (9)$$

где h – потери напора в гидранте, пожарной колонке, рукавной линии;

H_{CT} – напор у ствола;

T – высота расположения ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания.

Подставляя значения сопротивлений для гидранта $S_T=0,0035$, шести рукавов $S_P=0,462$ и ствола $S_{CT}=0,634$ при расходе через гидрант и колонку 10 л/с, а по рукавным линии и через ствол 5 л/с получим формулу для определения требуемого напора:

$$H=28+T, \quad (10)$$

Гидростатический напор в сети наружного и внутреннего хозяйственно-питьевого или хозяйственно-противопожарного водопровода у потребителей не должен превышать 60 м. Это ограничение принято для того, чтобы обеспечить нормальное и удобное пользование водопроводными приборами и не увеличивать сверх необходимых пределов расхода воды. В отдельной сети внутреннего противопожарного водопровода максимальный напор не должен превышать 90 м для наиболее низко расположенных пожарных кранов.

Максимальная величина гидростатического напора в наружных противопожарных водопроводах высокого давления с лафетными стволами на объектах повышенной пожарной опасности (предприятия химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности, лесобиржах и т. п.) может достигать 150 м.

Свободный напор в наружной сети производственного водопровода должен приниматься в соответствии с уровнем, обусловленным технологическими характеристиками оборудования.

Зная радиус действия компактной части струи по таблице 3 СНиП 2.04.01-85 определяем напор у внутренних пожарных кранов исходя из диаметра пожарного крана.

В трансформаторном корпусе диаметр пожарного крана принимаем равным 65 мм, тогда напор у пожарных кранов будет равен 47 м.

При расчете наружной водопроводной сети наименьший свободный напор принимают у наиболее невыгодного расположенного гидранта (наиболее удаленного или высоко расположенного).

Необходимый напор в самой наружной водопроводной сети у расчетного гидранта равен:

$$H_c = H_{cb} + h_{r-k} + z, \quad (11)$$

где H_c – напор в наружной водопроводной сети;
 $H_{св}$ – свободный напор на уровне поверхности земли;
 $h_{г-к}$ – напор в гидранте и пожарной колонке;
 z – геометрическая высота подъема воды, $z=2,5$ м

Определяем потери напора в гидранте и пожарной колонке, $Q=30$ л/с

$$h_{г-к}=s \times Q^2=0,0051 \times 30^2=4,59 \approx 5 \text{ м}$$

$$H_c=H_{св}+h_{г-к}+z=10+5+2,5=17,5 \text{ м}$$

Таким образом, при расчете наружной водопроводной сети у наиболее невыгодного расположенного гидранта необходимо принять напор не менее 17,5 м.

Определим расход воды на тушение пожаров при свободном напоре 24 м:

$$Q=\sqrt{(h/\sum S)}, \quad (12)$$

$$Q= \sqrt{(24/0,0084)}=53,4 \text{ л/с}$$

Расстояние между гидрантами определяется расчетом, учитывающим суммарный расход воды на пожаротушение и пропускную способность устанавливаемого типа гидрантов по ГОСТ 8220-85*-Е.

Таблица 19 - Расчет пропускной способности стальных водопроводных труб при скорости воды в них равной 1,2 м/с и действии полным сечением

№ п/п	Диаметр труб, мм	Расход воды		
		л/с	м ³ /ч	м ³ /мес (24 ч×30 дн)
1.	10	0,13	0,5	360
2.	15	0,22	0,8	576

Продолжение таблица 19 - Расчет пропускной способности стальных водопроводных труб при скорости воды в них равной 1,2 м/с и действии полным сечением

3.	20	0,41	1,5	1080
4.	25	0,70	2,5	1800
5.	32	1,20	4,3	3096
6.	40	1,63	5,9	4248
7.	50	3,91	14,1	10152
8.	65	6,50	23,4	16848
9.	80	8,50	30,6	22032
10.	100	12,25	44,1	31752
11.	125	16,53	59,5	42840
12.	150	23,50	84,6	60912
13.	200	41,00	147,6	106272
14.	250	63,50	228,6	164592
15.	300	91,00	327,6	235872
16.	350	124,0	446,4	321408
17.	400	161,0	579,6	417312
18.	450	204,0	734,4	528768
19.	500	250	900,0	648000

5. СОПРОТИВЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЖАРОВ

5.1 Мощность огневого воздействия

В процессе строительства зданий и их эксплуатации вследствие различных причин могут возникнуть пожары или аварии, сопровождающиеся неконтролируемым горением. Для пожара характерно кратковременное (1-6 ч) воздействие огня на строительные конструкции. Мощность огневого воздействия на конструкции обуславливает длительность пожара и рост температур его внутренней среды.

Обследование зданий после пожаров показывает, что железобетонные конструкции имеют различную степень повреждения от огневого воздействия. В связи с этим различают зоны разрушения (обрушения) и аварий, участки сильных, средних и слабых повреждений конструкций здания.

Каждой зоне повреждения конструкций здания соответствует своя мощь и температурный режим огневого воздействия. Вертикальные железобетонные конструкции (колонны, стойки, элементы ферм), расположенные за пределами очага горения, подвергаются неравномерному огневому воздействию по высоте элемента. Наибольшая температура наблюдается вверху, наименьшая – внизу вертикальных конструкций. Вследствие этого сечения различных по виду и месту расположения железобетонных конструкций от огневого воздействия одного и того же пожара прогреваются и повреждаются неодинаково.

5.2 Тепловая нагрузка на конструкцию здания

При горении веществ, материалов и конструкций на пожаре выделяется огромное количество тепла. Тепло, выделяющееся при пожаре, частично аккумулируют строительные конструкции и частично продукты горения. Тепловая

нагрузка, воспринимаемая железобетонными конструкциями, составляет 0,5-0,7 теплоты пожара. При критическом значении тепловой нагрузки элемент конструкции разрушается.

В условиях пожара поверхности железобетонных конструкций нагреваются до высоких температур (порядка 1000-1200⁰С). При кратковременном огневом воздействии и после такового (вследствие тепловой инерции) происходит неравномерный прогрев сечений железобетонных элементов. Перепад температур между обогреваемой и не обогреваемой поверхностями (или центром сечений элементов, обогреваемых с двух, трех или четырех сторон) находится в пределах 800-1000⁰С.

5.3 Снижение эксплуатационных качеств конструкций при пожаре

От воздействия высоких температур при прогреве сечений железобетонных элементов возникают температурные напряжения, изменяются физико-механические свойства бетона и арматурной стали, уменьшается работоспособное сечение элемента вследствие прогрева поверхностных слоев бетона до критических температур. После охлаждения бетон, прогретый до критической температуры, не восстанавливает прочностные и деформационные свойства.

Изучение строительных конструкций при исследовании натуральных пожаров показывает, что железобетонные конструкции подвергаются значительным температурным деформациям (перемещения, угла поворота), приводящим к серьезным повреждениям и крупным авариям.

Исследованием поведения железобетонных конструкций во время огневого воздействия и после него установлено, что предельное состояние их по огнестойкости может наступить в результате потери несущей способности вследствие снижения прочности материалов (бетона, стали) при нагреве до высоких температур или после охлаждения.

Степень повреждения железобетонных конструкций во время пожара и после него зависит:

1. От характеристики основных параметров огневого воздействия (длительности, тепловой нагрузки, наибольшей температуры);
2. От дальности расположения конструкций от очага горения, вида обогрева, а также от конструктивного исполнения железобетонного элемента (размеров сечения, толщины защитного слоя, вида бетона и арматуры);
3. Величины и характера приложения внешней нагрузки

5.4 Причины снижения эксплуатационных качеств конструкций после пожара

Несущая способность железобетонных конструкций после огневого воздействия снижается вследствие изменения прочностных свойств бетона и арматурных сталей, нарушения совместной работы материалов, составляющих конструктивный элемент, а также вследствие появления температурных напряжений в сечениях конструкций в результате неравномерного прогрева.

Факторы, влияющие на проявление необратимых потерь эксплуатационных свойств (прочности, жесткости, трещиностойкости и огнестойкости) железобетонными конструкциями показаны на рис. 2

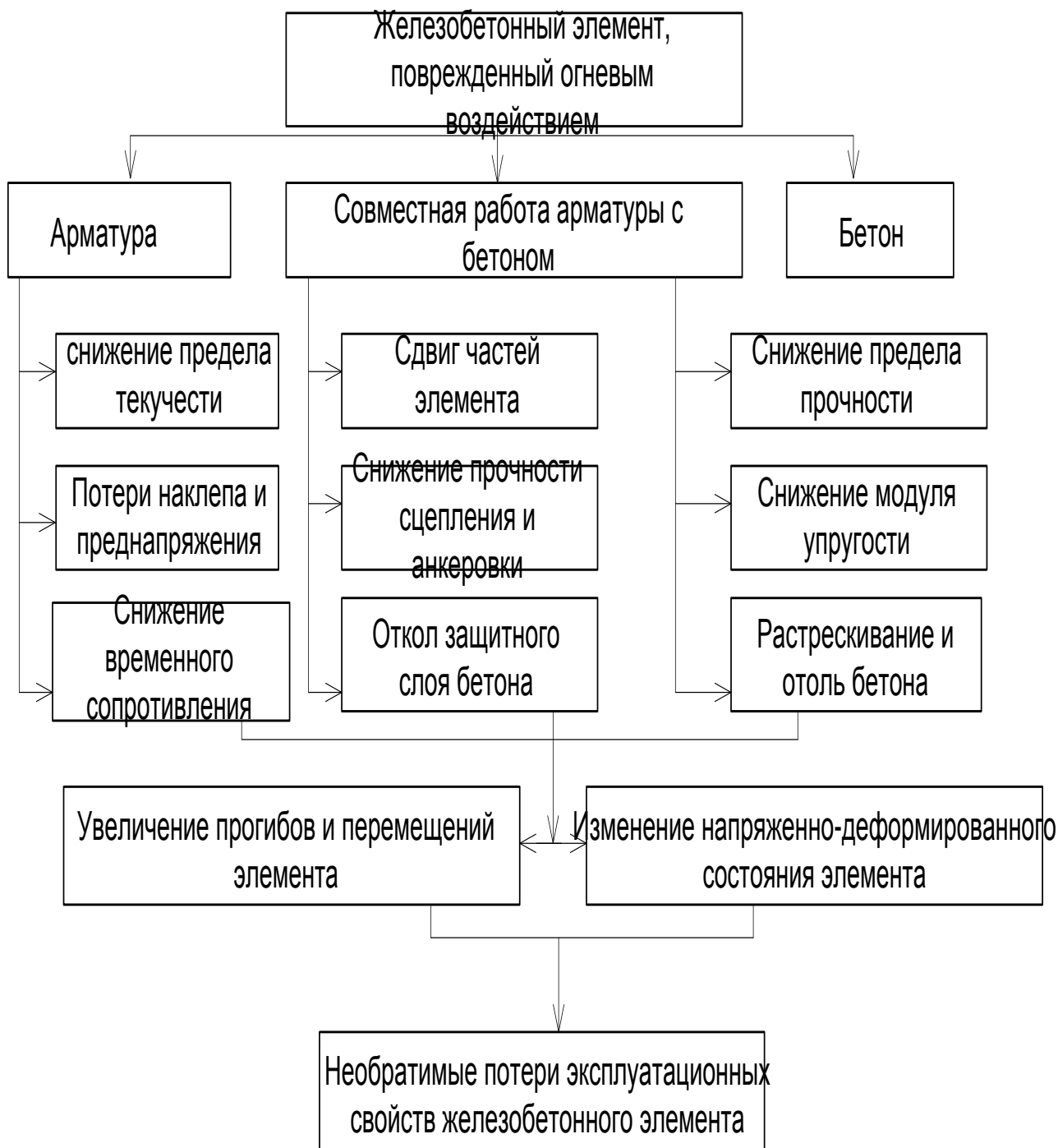


Рисунок 2 - Причины необратимого снижения эксплуатационных свойств железобетонных конструкций, поврежденных пожаром

Величина необратимого снижения эксплуатационных свойств после пожара для статически определяемых изгибаемых железобетонных конструкций обуславливается в основном потерями преднапряжения (для преднапряженных

конструкций), снижением временного сопротивления и предела текучести арматурной стали после нагрева и последующего охлаждения.

Изменение прочностных и деформационных свойств бетона при температурном воздействии и после него существенно влияет на эксплуатационные характеристики статически неопределимых железобетонных конструкций, тонкостенных, сжатых элементов с небольшими (случайными) эксцентриситетами и статически определяемых конструкций, у которых на пожаре прогревается сжатая зона бетона.

Нарушение сцепления арматурной стали с бетоном в процессе нагрева или при охлаждении (остывании) приводит к быстрому сокращению высоты сжатой зоны изгибаемого элемента и к обрушению конструкции.

Под пожаростойкостью понимают способность строительных конструкций зданий сохранять эксплуатационные качества как во время огневого воздействия, так и после него.

К элементам железобетонных конструкций зданий в условиях огневого воздействия и после такового предъявляют три условия пожаростойкости.

Согласно первому условию, во избежание общего разрушения здания и человеческих жертв при этом каждый железобетонный элемент, находящийся под эксплуатационной статической нагрузкой и температурным воздействием пожара, должен сохранять определенное время достаточную несущую способность (прочность и устойчивость).

Второе условие имеет в большей степени экономическое значение и заключается в возможности последующего (повторного) использования элементов железобетонных конструкций после огневого воздействия натурального пожара. В этом случае, как правило, следует отдавать предпочтение таким железобетонным элементам конструкций, которые возможно повторно использовать после ремонта без значительного усилия.

Третьим условием (не менее важным) является требование о сохранности огнепреграждающей способности элементов конструкций. Потеря огнепреграждающей способности элемента в условиях огневого воздействия характеризуется прогревом конструкции до критических температур (порядка 140-220⁰С), образованием сквозных трещин и отверстий или обрушения элементов конструкций, позволяющим продуктам горения проникать в смежные помещения.

Для несущих элементов каркаса здания фактическая продолжительность сопротивления элемента огневому воздействию во многом определяется величиной действующей на него нагрузки. Несущая способность элемента конструкций уменьшается при продолжительном воздействии высоких температур пожара. Во время огневого воздействия, по истечении которого несущая способность элемента конструкции снизится до величины рабочей (действующей при пожаре) нагрузки, характеризует величину огневого сопротивления элемента по первому условию пожаростойкости.

5.5 Предельные состояния конструкции по огнестойкости

Как показывает практика исследования пожаров, строительные элементы конструкций ни одного здания не могут удовлетворять бесконечно долго трем условиям пожаростойкости одновременно, то есть:

- 1) сохранять достаточную несущую способность в условиях огневого воздействия не обрушаясь;
- 2) быть пригодным к повторной нормальной эксплуатации в здании после ремонта конструкций, поврежденных огнем;
- 3) иметь удовлетворительную огнепреграждающую способность при минимальном расходе огнезащитных материалов.

Вследствие этого в зависимости от требований конкретного условия необходимо нормировать для каждого элемента конструкции здания показатели

пожаростойкости, так как каждому показателю соответствуют своя фактическая продолжительность сопротивления конструкции огневому воздействию.

При определении предела огнестойкости железобетонных конструкций необходимо учитывать три критерия:

- 1) сохранение элементов конструкции несущей или ограждающей способности до обрушения при огневом воздействии;
- 2) сохранение целостности элемента конструкции до образования в нем сквозных трещин или отверстий, через которые проникают продукты горения и пламя;
- 3) сопротивление повышению температуры ($140-220^{\circ}\text{C}$), опасной для возгорания материалов смежных помещений, на не обогреваемой поверхности элемента конструкции.

5.6 Условия защиты конструкции от огня

Пожарная защита строительных конструкций зданий определяет комплекс технических мероприятий, направленных на предотвращение распространения огня по поверхности конструктивных элементов, их разрушения во время огневого воздействия и после него, а также на ограничение материального ущерба от пожара.

Опыт исследования пожаров показывает, что железобетонные конструкции, спроектированные под расчетные нагрузки с учетом требования строительной механики и сопротивления материалов и нормально эксплуатирующиеся несколько лет, в условиях огневого воздействия разрушаются в течение нескольких десятков минут. При этом убытки от пожаров в основном являются следствием разрушения здания и обрушения строительных конструкций.

Степень повреждения железобетонных конструкций в условиях натурального пожара и после него определяют, с одной стороны, показатели пожаростойкости

(пределы огнестойкости) конструктивных элементов здания, с другой – мощность огневого воздействия (температура и длительность пожара).

Для оценки пожаростойкости строительных конструкций существующего (проектируемого) здания необходимо определить фактическое время сопротивления конструктивных элементов огневому воздействию Π_{ϕ} и сопоставить его с длительностью реального (возможного) пожара. В большинстве случаев при расчете фактическую длительность натурального пожара приводят к нормированному температурному режиму.

Соотношение предельно допустимой приведенной продолжительности пожара в здании (сооружении):

$$\tau_{\text{пр}} \leq \Pi_{\phi} / k_0, \quad (13)$$

где k_0 – коэффициент безопасности для конструкций по огнестойкости

Следовательно, требуемый предел огнестойкости строительных конструкций $\Pi_{\text{тр}}$ через расчетную длительность пожара в здании $\tau_{\text{пр}}$ можно выразить формулой:

$$\Pi_{\text{тр}} \geq k_0 \tau_{\text{пр}}, \quad (14)$$

Исследование пожаров показывает, что из-за широкого применения в строительстве горючих конструктивных, отделочных, акустических и теплоизоляционных материалов возрастают вероятность возникновения пожаров и быстрое распространение огня по частям и конструктивным элементам здания.

Огнестойкость железобетонных конструкций в целом оценивают по показателям пожаростойкости. Сопротивление огневому воздействию железобетонных стен, в частности, определяют по признаку потери несущей

способности (полного разрушения) или по признаку прогрева не обогреваемой стороны до пожароопасной температуры (140-220⁰С). Время сопротивления огню каркасных стен с железобетонным каркасом и самонесущим или навесным заполнителем определяют для каждого элемента комплексной конструкции в отдельности. Так, для железобетонного каркаса огнестойкость оценивают по снижению несущей способности (по показателям I и II группы пожаростойкости), а для заполнения – по потере огнепреграждающей способности (по показателям III группы).

Фактическую степень огнестойкости здания оценивают по наименьшей величине времени сопротивления огневому воздействию и группе возгораемости материала конструктивного элемента.

Условия безопасности для строительной конструкции выполнены, если фактическая группа возгораемости равна требуемой ($B_{\text{ф}}^{\text{к}}=B_{\text{тр}}^{\text{к}}$), а фактический предел огнестойкости конструктивного элемента не менее требуемого нормами или условиями безопасности ($P_{\text{ф}} \geq P_{\text{нр}}$)

Условия огнестойкости строительных конструкций будут удовлетворены, если фактическая степень огнестойкости равна требуемой ($C_{\text{ф}}^0=C_{\text{тр}}^0$).

5.7 Расчет остаточной несущей способности железобетонной колонны после пожара

Исходные данные:

- сечение колонны $b \times h = 30 \times 30$ см;
- расчетная длина $l_0 = 300$ см;
- армирование симметричное 8 диаметр 20 (рис.3);
- рабочая арматура класса А-II, $R_{\text{ac}} = 2700$ кгс/см²;
- бетон на известняковом щебне марки М 300, $R_{\text{нр}} = 135$ кгс/см²;
- влажность $\omega_{\text{в}} = 2,5\%$;

- плотность $\rho_B=2300$ кгс/см²;
- толщина защитного слоя бетона 25 мм, $r_x=r_y=0,115$ м,
- действовавшая нагрузка при пожаре $N=100$ тс;
- продолжительность огневого воздействия, приведенная к стандартному пожару, $\tau_c=1$ ч, обогрев сечения четырехсторонний, $t_n=20^0$ С.

Теплотехнический расчет сечения.

1. Теплофизические характеристики бетона на известняковом щебне:

Плотность сухого бетона:

$$\gamma_c = \gamma_B \times 100 / (100 + \omega_B), \quad (15)$$

$$\gamma_c = 2300 \times 100 / (100 + 2,5) = 2240 \text{ кг/м}^3$$

Средние значения коэффициентов теплопроводности и теплоемкости тяжелого бетона на известняке при $t_{cp}=450^0$ С составляют:

$$\lambda_{t_{cp}} = 0,98 - 0,47 \times 10^{-3} \times 450 = 0,77 \text{ ккал/(м} \times \text{ч} \times \text{град)};$$

$$c_{t_{cp}} = 0,17 + 0,2 \times 10^{-3} \times 450 = 0,26 \text{ ккал/(м} \times \text{ч} \times \text{град)}$$

Приведенный коэффициент теплопроводности бетона определяем по формуле:

$$a_{пр} = \lambda_{t_{cp}} / (c_{t_{cp}} + 0,012 \times \omega_B) \times \gamma_c, \quad (16)$$

$$a_{пр} = \lambda_{t_{cp}} / (c_{t_{cp}} + 0,012 \times \omega_B) \times \gamma_c = 0,77 / (0,26 + 0,012 \times 2,5) \times 2240 = 0,0012 \text{ м}^2/\text{ч}$$

Определяем коэффициент, учитывающий скорость прогрева бетона в зависимости от его плотности, при $\gamma_c=2,24$ т/м³:

$$m_{64}^0 = 0,5 + 0,04 \times \gamma_c + 0,01 \times \gamma_c^2, \quad (17)$$

где m_{64}^0 – коэффициент, учитывающий влияние на скорость прогрева бетона плотности и пористости его;

γ_c – плотность сухого бетона, т/м³

$$m_{64}^0 = 0,5 + 0,04 \times \gamma_c + 0,01 \times \gamma_c^2 = 0,5 + 0,04 \times 2,24 + 0,01 \times 2,24^2 = 0,64 \text{ ч}^{-2}$$

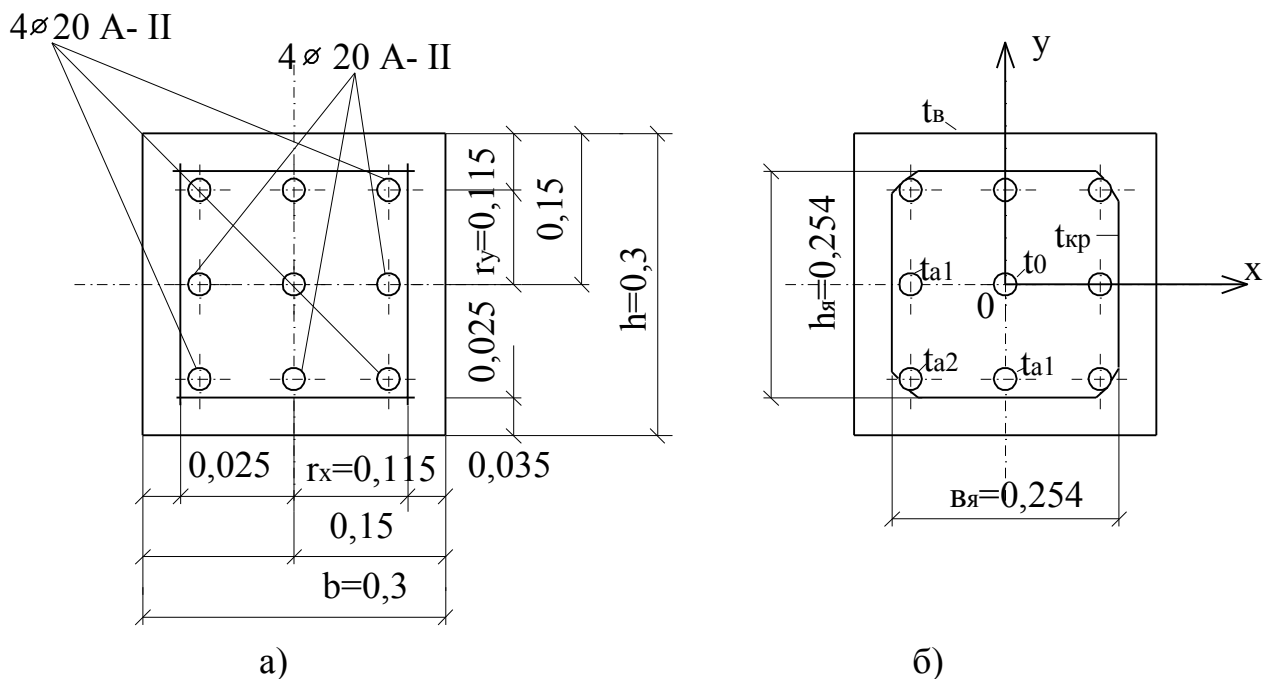


Рисунок 3 - Расчет остаточной несущей способности железобетонных колонн

К расчету остаточной несущей способности железобетонной колонны после пожара ($b \times h = 0,3 \times 0,3$ м)

а – армирование;

б – распределение температур по сечению;

t_0 – температура в центре сечения t_{a1} и t_{a2} – температура бетона в арматурных стержнях;

$t_{кр}$ – критическая температура бетона

2. Расчет температуры стержней арматуры с учетом тепловой инерции прогрева сечения:

Определяем коэффициент ξ_x :

$$\xi_x = 1 - (r_x / (0,5 \times b_x + m_{64}^0 \sqrt{a_{пр}})), \quad (18)$$

где b_x – расстояние от центра тяжести симметричного сечения до исследуемой точки, м.

$$\xi_x = 1 - (r_x / (0,5 \times b_x + m_{64}^0 \sqrt{a_{пр}})) = 1 - 0,115 / (0,15 + 0,64 \times \sqrt{0,0012}) = 0,39$$

Определяем критерий Фурье по формуле:

$$F_{0x} = (\tau_c \times a_{пр}) / (0,5 \times b_x + m_{64}^0 \sqrt{a_{пр}})^2, \quad (19)$$

$$F_{0x} = F_{0y} = (\tau_c \times a_{пр}) / (0,5 \times b_x + m_{64}^0 \sqrt{a_{пр}})^2 = (1 \times 0,0012) / (0,15 + 0,64 \times \sqrt{0,0012})^2 = 0,04$$

Определяем относительную температуру по формуле:

$$\theta_x = \text{erf } \xi_x / 2 \times \sqrt{F_{0x}}, \quad (20)$$

где erf A – значения Гауссовского интеграла ошибок

$$\theta_x = \text{erf } \xi_x / 2 \times \sqrt{F_{0x}} = \text{erf } 0,33 / (2 \times \sqrt{0,04}) = \text{erf } 0,83 = 0,757$$

Определяем коэффициент тепловой инерции прогрева арматуры при $\delta_x = 3,5$ см и $h_c = 0,5$, $h = 15$ см по формуле:

$$m_{63}^0 = \tau / (\tau - (\delta/h)^2) \leq 1,3, \quad (21)$$

$$m_{63}^0 = \tau / (\tau - (\delta/h)^2) = 1 / (1 - 3,5/15)^2 = 1,07$$

Определяем температуру четырех стержней арматуры ($F_{a1} = 12,56$ см²), расположенной в середине сечения колонны, при $r_x = r_y = 0,115$ м с учетом $m_{63}^0 = 0,17$:

$$t_{x,\tau}=1250-(1250-t_H)\times\theta_x, \quad (22)$$

$$t_{a1}=t_{x,\tau}=1250-(1250-t_H)\times\theta_x=(1250-(1250-20)\times0,757)\times1,07=340^{\circ}\text{C}$$

Определяем температуру четырех стержней, расположенных в углах сечения колонны с учетом $m_{63}^0=0,17$:

$$t_{xy\tau}=t_c-((t_c-t_{x,\tau})\times(t_c-t_{y,\tau}))/t_c, \quad (23)$$

$$t_{a2}=t_c-((t_c-t_{x,\tau})\times(t_c-t_{y,\tau}))/t_c=(925-(925-340)^2/905)\times1,07=580^{\circ}\text{C}$$

Определяем температуру окружающей среды при $\tau_c=1$ и $ч=60$ мин по формуле:

$$t_c=345\times\lg(8\times\tau_c+1), \quad (24)$$

$$t_c=345\times\lg(8\times\tau_c+1)=345\times\lg(8\times60+1)=925^{\circ}\text{C}$$

3. Расчет распределения температуры по бетонному сечению с учетом тепловой инерции прогрева.

Определяем относительную температуру в центре сечения колонны при $F_{0x}=0,04$ м и $\xi_x=1$ по формуле:

$$\theta_{яx}=\text{erf } \xi_{яx}/2\times\sqrt{F_{0x}}, \quad (25)$$

$$\theta_{ц}=\text{erf } \xi_{яx}/2\times\sqrt{F_{0x}}=\text{erf } 1/(2\times\sqrt{0,04})=\text{erf } 2,5=0,9996$$

Определяем температуру бетона в центре сечения колонны при $r_x=r_y=0$, $\tau_c=1$ ч и $m_{63}^0=1,3$ по формуле:

$$t_{x,\tau}=1250-(1250-t_H)\times\theta_x, \quad (26)$$

$$t_{0,6}=1250-(1250-t_H)\times\theta_x=(1250-(1250-20)\times0,9996)\times1,3=26^0\text{C}$$

Определяем λ_0 и k_6 :

$$\lambda_0=5\times(5\times b-1)^2, \quad (27)$$

где λ_0 – эмпирический коэффициент при $0,2\leq b\leq 0,4$ м

$$\lambda_0=5\times(5\times b-1)^2=5\times(5\times 0,3-1)^2=1,25;$$

$$k_6=\varphi_{6t}\times(m_{61}^0\times R_{пр}\times F_{я}+m_{a1}^0\times R_{a,c}\times F_a)/N, \quad (28)$$

где k_6 – коэффициент запаса призмочной прочности бетона при действии центрально-приложенной продольной силы N

$$k_6=0,9\times(1\times 135\times 30\times 30+1\times 2700\times 25,12)/100=1,9$$

Определяем критическую температуру бетона по формуле:

$$t_{кр}=(k_6\times(0,25+\lambda_0)+0,5\times(1-\lambda_0))\times 400/(1+\lambda_0), \quad (29)$$

$$t_{кр}=(k_6\times(0,25+\lambda_0)+0,5\times(1-\lambda_0))\times 400/(1+\lambda_0)=(1,9\times(0,25+1,25)+0,5\times(1-1,25))\times 400/(1+1,25)=470^0\text{C}$$

Определяем среднюю температуру ядра сечения колонны:

$$t_{6,ср}=0,5\times(t_{кр}+t_{0,6}), \quad (30)$$

$$t_{6,ср}=0,5\times(470+26)=248^0\text{C}$$

4. Определение размеров ядра сечения колонны. При относительной температуре ядра, вычисленной по формуле:

$$\theta_{\text{як}} = ((1250 - t_c) / (1250 - t_H) + ((t_c - t_{\text{кр}}) \times (t_c - t_H) / ((t_c - t_{\text{ц}}) \times (1250 - t_H))), \quad (31)$$

$$\theta_{\text{як}} = ((1250 - t_c) / (1250 - t_H) + ((t_c - t_{\text{кр}}) \times (t_c - t_H) / ((t_c - t_{\text{ц}}) \times (1250 - t_H))) = ((1250 - 925) / (1250 - 20)) + ((925 - 470) \times (925 - 20) / (925 - 26) \times (1250 - 20)) = 0,65$$

и коэффициенте ξ_x :

$$\text{erf} = \xi_{\text{як}} / (2 \times \sqrt{0,04}) = 0,65 = \text{erf } 0,642;$$

$$\xi_x = 0,4 \times 0,642 = 0,256$$

размеры ядра сечения колонны рассчитываем по формуле:

$$b_{\text{я}} = 2 \times (0,5 \times b + m_{64}^0 \times \sqrt{a_{\text{пр}}}) \times (1 - \xi_{\text{як}}), \quad (32)$$

$$b_{\text{я}} = 2 \times (0,5 \times b + m_{64}^0 \times \sqrt{a_{\text{пр}}}) \times (1 - \xi_{\text{як}}) = 2 \times (0,5 \times 0,3 + 0,64 \times \sqrt{0,0012}) \times (1 - 0,256) = 0,254 \text{ м} = 25,4 \text{ см.}$$

Статическая часть расчета.

Площадь ядра сечения колонны, поврежденной огнем, $F_{\text{я}} = 0,9 \times 25,4 \times 25,4 = 580 \text{ см}^2$

При $\lambda_t = l_0 / b_{\text{я}} = 300 / 25,4 = 11,8$ и $N_{\text{дл}} / N = 1$ значения коэффициента $\varphi_t = \varphi_6 = 0,87$

Коэффициенты, учитывающие изменение расчетного сопротивления арматуры класса А-II: m_{a2}^0 определяем по формуле:

для средних стержней при $t_{a1} = 340^\circ \text{C}$

$$m_{a2}^0 = 1 - 10^{-3} \times 340 \times (0,1 + 10^{-3} \times 340) = 0,85;$$

для угловых стержней при $t_{a2} = 580^\circ \text{C}$

$$m_{a2}^0 = 1 - 10^{-3} \times 580 \times (0,1 + 10^{-3} \times 580) = 0,6$$

Коэффициент, учитывающий снижение прочности бетона после нагрева до 248°C : $m_{61}^0 = 0,875$

Остаточную несущую способность колонны после пожара при $l_0=300 < 20 \times h_{я}=500$ см определяем следующим образом:

$$N_{pt}=1 \times 0,87 \times (0,875 \times 135 \times 580 + 1 \times 2700 \times (0,85 \times 12,56 + 0,6 \times 12,56)) \text{ кгс} = 102000 \text{ кгс} = 102 \text{ тс}$$

Несущую способность железобетонной колонны до пожара рассчитываем по формуле:

$$N = m \times \varphi \times (R_{пр} \times F + R_{a.c} \times (F_a + F'_a)), \quad (33)$$

$$N = 1 \times 0,9 \times (135 \times 30 \times 30 + 2700 \times (12,56 + 12,56)) = 170 \text{ тс}$$

Определяем относительную остаточную несущую способность поврежденной огнем колонны по формуле:

$$m_{ост} = N_{pt} / N, \quad (34)$$

$$m_{ост} = 102/170 = 0,6 < 0,7 \text{ м}^0_2$$

Следовательно, колонна по показателям пожароопасности II группы снизила эксплуатационные качества более допустимого предела. При отсутствии признаков разрушения (обрушения) восстановление колонны можно осуществить усилением ее.

6. МОЛНИЕЗАЩИТА

Атмосферное электричество проявляется в виде прямого удара молнии, а также электростатической и магнитной индукции вследствие грозового разряда.

Воздействие опасных параметров молнии на здание, сооружение, наружные установки и другие объекты (сооружения) может поражать людей, вызывать взрывы, пожары и разрушения сооружений.

Защиту от молнии открытых распределительных станций и подстанций, электрических линий осуществляют по Правилам устройства электроустановок ПУЭ-6/86.

Строительные объекты защищают в соответствии с руководящим документом РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" (Минэнерго. М, 1989, 56 с. - взамен СН 305-77).

Указанный РД не распространяется на проектирование и устройство молниезащиты линий электропередачи - ЛЭП, электрической части электрических станций и подстанций, контактных сетей, радио- и телевизионных антенн, теле- и радиотрансляционных линий, а также объектов, эксплуатация которых связана с производством, применением и хранением пороха и ВВ.

Этот РД регламентирует мероприятия по молниезащите, выполняемые при строительстве, и не исключает использования дополнительных средств защиты от молнии внутри сооружения при его реконструкции или установке технологического оборудования.

При разработке проектов сооружений учитывают требования к выполнению молниезащиты других действующих стандартов, норм и правил.

В зависимости от величины вероятности и масштаба нежелательных последствий от воздействия молнии защищаемые сооружения подразделяют на I, II и III категории.

В некоторых случаях молниезащита необязательна. Например, при отсутствии в капитальном сооружении (I - II) C_{oc} взрыво- и пожароопасных зон молниезащита не требуется (C_{oc} - степень огнестойкости сооружения).

Зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов делят на два типа: А и Б. Зона защиты типа А имеет надежность 99,5% и выше, а типа Б - 95 % и выше.

Под зоной защиты молниеотвода понимают пространство, внутри которого сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже нормативного значения.

Молния – это электрический разряд в атмосфере между отдельными разноименно заряженными частями облаков или между облаком и землей.

Воздействие молнии может быть двояким. Во-первых, она может поражать здания и сооружения непосредственно. Такое поражение называется прямым ударом молнии. Во-вторых, молния может оказывать вторичное воздействия, вызывая электростатическую и электромагнитную индукцию, а также занос высоких потенциалов в сооружения через наземные и подземные металлические коммуникации.

При прямом ударе непосредственно в объект ток молнии может вызвать механические разрушения, воспламенение горючих материалов, взрыв газов и паров жидкостей.

Под электрической индукцией понимают наведение потенциалов в незамкнутых контурах в результате быстрых изменений тока молнии. Под электростатической индукцией понимают наведение потенциалов на наземных предметах в результате изменений электростатического поля, грозового облака. Оба этих вида индукции вызывают искрение между металлическими элементами конструкций и технологическим оборудованием зданий и сооружений, не подвергающихся непосредственно удару молнии.

Занос высоких потенциалов – результат удара молнии в различного рода коммуникации, вводимые в здания (например, эстакадам, монорельсам, канатным

дорогам, трубопроводам, электрическим кабелям с металлическими оболочками, проложенным в земле, каналам туннелям и т.п.). Занос высоких потенциалов может сопровождаться мощными электрическими разрядами и явиться причиной пожаров, взрывов, поражения людей.

Наиболее опасен прямой удар молнии, так как при нем в течение долей секунды (до 100 мкс) по каналу молнии протекает ток силой 200-500 кА, разогревая его до 20000⁰С. Индуктивные токи и заносы высоких потенциалов кроме вызываемых ими искрений могут приводить к нагреву металлических конструкций и оборудования до воспламенения находящихся вблизи горючих материалов и веществ, что обуславливает необходимость молниезащиты.

Под молниезащитой понимают комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от возможных взрывов, загораний и разрушений, возникающих при воздействии молнии, а в зданиях сельскохозяйственных предприятий – для обеспечения безопасности животных и птицы. Здания и сооружения или их части в зависимости от назначения, государственной важности, степени огнестойкости, взрыво-и пожароопасности размещаемых в их производств, интенсивности грозовой деятельности в районе их местонахождения, а также от ожидаемого количества поражений молнией в год подлежат защите в соответствии с категориями устройства молниезащиты и типом зоны защиты согласно нормативам.

Ожидаемое годовое количество поражений молнией зданий и сооружений, не оборудованных молниезащитой, определяется по формуле:

$$N=(S+6h)(L+6h)n10^{-6}, \quad (35)$$

где S и L – соответственно ширина и длина защищаемого здания (сооружения), имеющего в плане прямоугольную форму, м;

h – наибольшая высота здания (сооружения), м;

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности в месте расположения здания.

Для зданий сложной конфигурации при расчете N в качестве S и L рассматриваются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание.

Молниезащитное устройство любой категории, нередко называемое молниеотводом, вызывает на себя удар молнии и отводит ее ток в землю. Молниеотвод состоит из опоры, молниеприемника, токоотвода и заземления. Опорой для монтажа молниеотводов могут служить как отдельно стоящие столбы из железобетона, металла или дерева (чаще всего применяемые в молниезащите I категории), так и сами здания или сооружения, используемые при молниезащите II и III категорий. В качестве опор молниеотводов допускается использовать стволы деревьев, растущих вблизи защищаемых зданий и сооружений (при условии обеспечения необходимых мер безопасности).

По конструкции молниеотводы бывают стержневые, изготавливаемые из стали любой марки (длиной стержня 200-1500 мм и площадью сечения не менее 100 мм^2), тросовые, изготавливаемые из стального многопроволочного оцинкованного троса сечением не менее 35 мм^2 и диаметром около 7 мм и в виде сетки, которые можно устанавливать как на самых защищаемых зданиях, так и вблизи их. По количеству молниеотводы бывают одиночные, двойные многократны. Молниеприемники предназначены для прямого восприятия удара молнии. От коррозии молниеприемники защищают оцинкованием, лужением или окраской. Молниеприемниками могут служить также металлические конструкции защищаемых сооружений: дымовые, выхлопные трубы, дефлекторы, кровля, сетка и другие конструкции. Молниеприемники стержневых молниеотводов изготавливают из стали различного профиля сечением не менее 100 мм^2 и длиной

не менее 200 мм, тросовые молниеприемники – из стального троса сечением не менее 32 мм².

Соединения молниеприемников с токоотводами и токоотводов с заземлителями должны выполняться, как правило, сваркой, а при недопустимости огневых работ разрешается выполнение болтовых соединений с переходным сопротивлением не более 0,05 Ом при обязательном ежегодном контроле последнего перед началом грозового сезона.

Токоотводы, соединяющие молниеприемники всех видов с заземлениями, следует выполнять из стали размерами не менее указанных в таблице 20.

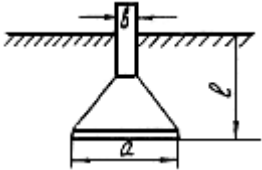
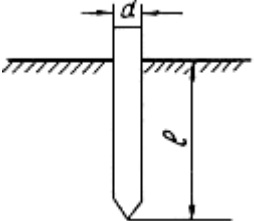
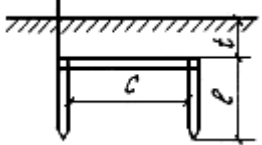
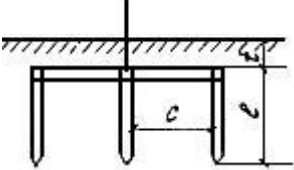
Таблица 20 – Параметры токоотводов

Форма токоотводов и заземлителей	Снаружи здания на воздухе	В земле
Круглые токоотводы и перемычки диаметром, мм	6	-
Круглые вертикальные электроды диаметром, мм	-	10
Круглые горизонтальные* электроды диаметром, мм	-	10
Прямоугольные: сечением, мм	48	160
толщиной, мм	4	4

Только для выравнивания потенциала внутри зданий и для прокладки наружных контуров на дне котлована по периметру здания.

При этом минимально допустимые сечения (диаметры) электродов искусственных заземлителей нормированы в таблице 21.

Таблица 21 - Минимально допустимые сечения (диаметры) электродов искусственных заземлителей

	Тип заземлителя	Эскиз	Применимые размеры
1	Железобетонный подножник		a не меньше 1,8 м b не меньше 0,4 м l не меньше 2,2 м
2	Железобетонная свая		d 0,25-04 м l не менее 5м
3	Стальной двухстержневой, полоса 40x4 мм, стержни d = 10 - 20 мм		t не менее 0,5 м l 3 - 5 c 3 - 5
4	Стальной трехстержневой, полоса 40x4 мм, стержни d = 10 - 20 мм		t не менее 0,5 м l 3 - 5 c 3 - 5

а) один и более железобетонный подножник длиной не менее 2 м или одна и более железобетонная свая длиной не менее 5 м;

б) одна и более заглубленная в землю не менее чем на 5 м стойка железобетонной опоры диаметром не менее 0,25 м;

в) железобетонный фундамент произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 10 м²;

г) искусственный заземлитель, состоящий из трех и более вертикальных электродов длиной не менее 3 м, объединенных горизонтальным электродом, при расстоянии между вертикальными электродами не менее 5 м.

Токоотводы служат для соединения молниеприемника с заземлением. Токоотводы изготавливают из стали различного профиля, но соответствующего сечения. Причем сечение его должно быть не менее 48 мм^2 – если сталь полосовая и диаметром не менее 6 мм^2 – если круглая. Токоотводы рекомендуется прокладывать по защищаемому зданию и сооружению кратчайшим путем к заземлению. Соединения токоотвода с молниеприемником и заземлением должны быть сварными (ботовые допускаются для зданий III категории). Токоотводы необходимо защищать от коррозии. На высоте 1-1,5 м от земли рекомендуется иметь разъемные соединения для подключения приборов при проверке сопротивления заземлений.

Заземления служат для отвода тока молнии в землю. По расположению в грунте и форме электродов применяют следующие виды заземлений:

- вертикальные – из стальных вертикально ввинчиваемых стержней из круглой стали или забиваемых электродов из угловой стали (труб). Длина ввинчиваемых электродов 4,5-5 м, забиваемых – 2,5-3 м. Верхний конец вертикального заземления должен быть заглублен на 0,6-0,7 м от поверхности земли;

- горизонтальные – из круглой или полосовой стали, укладываемые горизонтально на глубине 0,6-0,8 м от поверхности земли

- комбинированные – вертикальные и горизонтальные заземления, объединенные в общую систему. В этом случае токоотводы рекомендуется присоединять к середине горизонтальной части комбинированного заземления;

- углубленные – из полосовой или круглой стали, укладываемые на дно котлована под сооружение или фундамент в виде протяженных элементов или контуров по периметру котлована.

Конструкции заземлений выбирают в зависимости от требуемого сопротивления грунта и удобства ведения работ по их укладке. Выбор заземлений производят по сопротивлению току промышленной частоты. Величина

импульсного сопротивления $r_{и}$ связана с допускаемым сопротивлением r растеканию тока промышленной частоты формулой:

$$r_{и} = \alpha r, \quad (36)$$

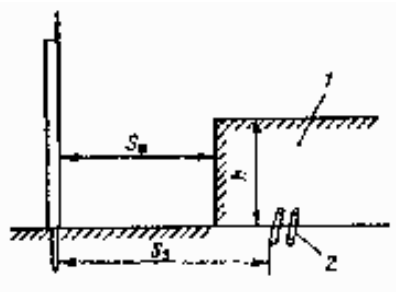
где α – коэффициент импульса, величина которого приведена в табл.5 (СН 305-77)

Для повышения безопасности людей и животных заземления следует размещать в удалении на 5 м от основных грунтовых проезжих и пешеходных дорог.

Сечение электродов из прямоугольной и угловой стали должны быть не менее 160 мм² и с толщиной полки не менее 4 мм, электроды из труб могут быть разного диаметра, но с толщиной стенки не менее 3,5 мм.

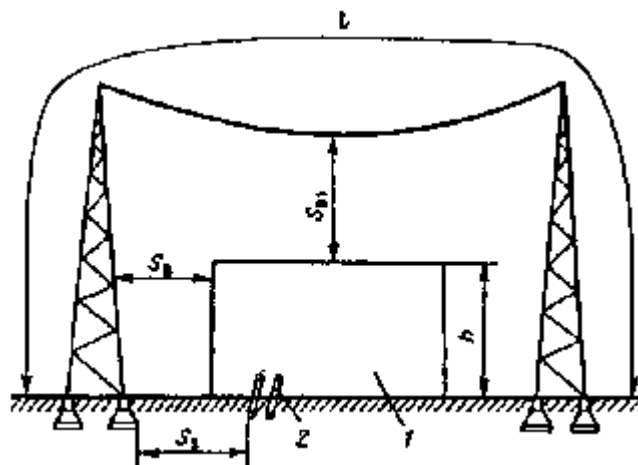
Защитные свойства молниеотводов характеризуются зоной защиты. Зона защиты – это часть пространства, примыкающая к молниеотводу, внутри которого здание, сооружение защищено от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Зона защиты молниеотводов зависит от их типа, количества, высоты и взаимного расположения. Здание (сооружение) считается защищенным от прямых ударов молнии, если все его элементы находятся внутри зоны защиты.

Трансформаторный корпус ООО «Трансформатор» относится к I категории по молниезащитным мероприятиям. Защиту от прямых ударов молнии корпусов ООО «Трансформатор», относимых по устройству молниезащиты к I категории, выполняют отдельно стоящими стержневыми (рис. 4) или тросовыми (рис. 5) молниеотводами.



1 - защищаемый объект; 2 - металлические коммуникации.

Рисунок 4 - Отдельно стоящий стержневой молниеотвод



1 - защищаемый объект; 2 - металлические коммуникации.

Рисунок 5 - Отдельно стоящий тросовый молниеотвод

Для защиты от вторичных проявлений молнии предусматривают следующие мероприятия:

а) металлические конструкции и корпуса всего оборудования и аппаратов, находящиеся в защищаемом здании, присоединяют к заземляющему устройству электроустановок или к железобетонному фундаменту здания.

б) внутри зданий между трубопроводами и другими протяженными металлическими конструкциями в местах их взаимного сближения на расстояние

менее 10 см через каждые 20 м приваривают или припаивают перемычки из стальной проволоки диаметром не менее 5 мм или стальной ленты сечением не менее 24 мм²; для кабелей с металлическими оболочками или броней перемычки выполняют из гибкого медного проводника в соответствии с указаниями СНиП 3.05.06 - 85;

в) в соединениях элементов трубопроводов или других протяженных металлических предметов обеспечивают переходные сопротивления не более 0,03 Ом на каждый контакт. При невозможности обеспечения контакта с указанным переходным сопротивлением с помощью болтовых соединений необходимо устройство стальных перемычек, размеры которых указаны в подпункте "б".

Защиту от заноса высокого потенциала по подземным металлическим коммуникациям (трубопроводам, кабелям в наружных металлических оболочках или трубах) осуществляют путем их присоединения на вводе в сооружение к арматуре его железобетонного фундамента, а при невозможности использования последнего в качестве заземления - к искусственному заземлителю.

Защиту от заноса высокого потенциала по внешним наземным (надземным) металлическим коммуникациям осуществляют путем их заземления на вводе в сооружение и на двух ближайших к этому вводу опорах коммуникации. В качестве заземлений используют железобетонные фундаменты сооружения и каждой из опор, а при невозможности такого использования - искусственные заземлители.

7. РАСЧЕТ КАТЕГОРИЙ ПОМЕЩЕНИЙ ЦЕХА №17 ТРАНСФОРМАТОРНОГО КОРПУСА ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Для расчета категории здания по взрывопожарной и пожарной опасности используют СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, а также руководствуются ГОСТ Р 12.3.047-98 «Пожарная опасность технологических процессов».

Задача категорирования наружных установок, помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности занимает промежуточное место в общей задаче разработки проектной документации. Однако именно правильное определение категории по взрывопожарной и пожарной опасности производства, особенно на стадии проектирования имеет большое значение для создания безопасных условий труда.

Определим категорию трансформаторного цеха №17 (ВСШ) ООО «Тольяттинский Трансформатор» по взрывопожарной и пожарной опасности. Исходя их характеристики цеха, применяемого оборудования (вакуумно-сушильные шкафы) и материала (трансформаторное масло) произведем расчет.

В соответствии с СП 12.13130.2009 определим пожарную нагрузку:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \times Q_{ki}^p, \quad (37)$$

где G_i – количество i -го материала пожарной нагрузки, кг;

$$G_i = 1200 \text{ кг}$$

Q_{ki}^p – низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж×кг⁻¹;

1.

$$Q_{ki}^p=41,37 \text{ МДж} \times \text{кг}^{-1}$$

$$Q=1200 \times 41,87=50244 \text{ МДж}$$

Согласно технологическим условиям площадь размещения пожарной нагрузки будет составлять 30 м². В соответствии с СП 12.13130.2009 принимаем площадь размещения пожарной нагрузки S=30 м².

Определяем удельную пожарную нагрузку:

$$g=Q/S, \quad (38)$$

где S – площадь размещения пожарной нагрузки, м²

$$g=Q/S=50244/30=1674,8 \text{ МДж} \times \text{м}^2$$

В соответствии с СП 12.13130.2009 помещения с данной пожарной удельной пожарной нагрузкой могут быть отнесены к категории В 2 при условии, что способ ее размещения удовлетворяет необходимым требованиям, изложенным в СП 12.13130.2009.

В данном цехе минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до покрытия составляет 12м.

Определим, выполняется ли условие:

$$Q \leq 0,64 \times g \times H^2$$

После подстановки численных значений получим:

$$0,64 \times g \times H^2 = 0,64 \times 1674,8 \times 12^2 = 154349,6 \text{ МДж}$$

Так как Q=50244 МДж и условие Q ≤ 154349,6 МДж не выполняется, цех необходимо отнести к категории В2.

Пользуясь номограммой, определим что точка пересечения массы горючего материала и S=30 м² лежит в области, соответствующей категории В2, левее S=0,64 × H²=0,64 × 12²=92,16 м². Значит, это помещение относится к категории В2.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ ТУШЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО ПОЖАРА НА ВСШ ЦЕХА №17

8.1 Средства тушения

Тушение пожаров – боевые действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров.

Тушение пожаров является одной из основных функций системы обеспечения пожарной безопасности.

Пожарная тактика представляет собой теоретическую основу боевых действий подразделений пожарной охраны, познающую их закономерности и разрабатывающую наиболее эффективные формы и приемы тушения пожаров в минимальные сроки.

Пожарная тактика решает две основные задачи, тесно связанные между собой:

- познание закономерностей и разработка способов, приемов спасения людей на пожаре;
- познание закономерностей и разработка форм, способов и приемов ведения боевых действий подразделений по тушению пожара.

Все задачи пожарной тактики можно объединить в четыре группы:

- изучение закономерностей элементов обстановки на пожаре;
- познание сущности боевых действий подразделений пожарной охраны и разработка эффективных способов и приемов спасения людей на пожаре;
- выявление и обоснование наиболее целесообразных форм и методов организации тушения пожаров;
- изыскание форм и методов по дальнейшему совершенствованию тактической и психологической подготовки личного состава подразделений и начальствующего состава пожарной охраны.

Успех тушения пожара достигается: правильным определением решающего направления на пожаре, своевременным сосредоточением и введением сил и средств, умелым управлением боевыми действиями подразделений, высокой тактической выучкой, активными и решительными действиями на решающем направлении.

Машинные залы имеют большую пожарную нагрузку в виде машинного масла, систем смазки генераторов, а также электроизоляции обмоток генераторов и другой электроаппаратуры и устройств.

При повреждении масляных систем смазки огонь может быстро распространиться как по площади, так и на сборники масла, находящиеся на нулевой отметке. При разрушении трубопроводов систем смазки масло под высоким давлением может выходить и образовывать мощный горящий факел, который создает угрозу быстрой деформации и обрушения металлических ферм безчердачного покрытия машинного зала и других металлоконструкций.

В соответствии с принятой классификацией пожаров (рисунок 6) методика расчета сил и средств для различных классов пожаров будет различна.



Рисунок 6 – Классификация методов расчета сил и средств

8.2 Пены

Пены широко используются для тушения пожаров на промышленных предприятиях, складах, в нефтехранилищах, на транспорте и т. д. Пены представляют собой дисперсные системы, состоящие из пузырьков газа, окруженных пленками жидкости, и характеризующиеся относительной агрегатной и термодинамической неустойчивостью. Если пузырьки газа имеют сферическую форму, а их суммарный объем сопоставим с объемом жидкости, то такие системы называются газовыми эмульсиями. Для получения воздушно-механической пены требуется специальная аппаратура и водные растворы пенообразователей. Наиболее важной структурной характеристикой пены является ее кратность, под которой понимают отношение объема пены к объему ее жидкой фазы. Воздушно-механическая пена подразделяется на низкократную (кратность до 30), средnekратную (30-200) и высокократную (выше 200). Наиболее широко применяется пена средnekратная (50-150), реже – низкократная. Пена высокократная находит ограниченное применение в пожаротушении, в основном при объемном тушении.

Пены, применяемые для тушения пожаров, в банке данных условно по типу пенообразователей разделены на три группы: пены, полученные из пенообразователей общего назначения, из фторорганических пенообразователей и из пенообразователей целевого назначения. Пенообразователи целевого назначения отличаются от пенообразователей общего назначения более высокой огнетушащей способностью за счет использования вторированных добавок. Все пенообразователи общего и целевого назначения при не однократном замерзании и последующем постепенном оттаивании не теряют своих первоначальных физико-химических свойств.

Пены, получаемые из пенообразователей общего назначения.

Воздушно-механические пены из пенообразователей общего назначения, служат для тушения пожаров классов А и В1 (табл.20)

Пенообразователи общего назначения подразделяются на биологически мягкие (биоразлагаемые) и биологически жесткие. Основу пенообразователей общего назначения составляют анионные поверхностно-активные вещества (ПАВ). При наличии выбора, естественно, предпочтительнее использовать биоразлагаемые пенообразователи. Пенообразователи общего назначения являются наиболее широко применяемым средством тушения хранилищ нефтепродуктов и других объектов народного хозяйства. К пенообразователям общего назначения относятся: ПО-ЗНП, ПО-ЗАИ ТЭАС. К пенообразователям целевого назначения относятся: "Сампо", "Морской", "Поток", "Пленкообразующий", "Форэтол", "Универсальный", ПОФ-9М.

Таблица 22 - Пенообразователи общего назначения

№ п/п	Полное название ОБ	Состав, основы ОБ	Область применения	Интенсивность подачи нормативная, при тушении эталонного топлива (н-гептана), кг/м ² с	Рабочая концентрация, % об.	Ограничения применимости
1	Пенообразователь общего назначения, биологически мягкий	Вторичные алкисульфаты	Тушение пожаров классов А и В	0,09	3	Нельзя тушить пожары классов С, D
2	Пенообразователь общего назначения	Контакт Петрова 89,5% масс.; этанол 6% масс.; костный клей 4,5% масс.	Тоже	0,09	6	Тоже
3	Пенообразователь общего назначения	Алкиларил-сульфонаты	Тоже	0,09	6	Тоже

Продолжение таблицы 22 - Пенообразователи общего назначения

№ п/п	Полное название ОБ	Состав, основы ОБ	Область применения	Интенсивность подачи нормативная, при тушении эталонного топлива (н-гептана), кг/м ² с	Рабочая концентрация, % об.	Ограничения применимости
4	Пенообразователь общего назначения биологически мягкий с пониженной коррозионной активностью	Вторичные алкилсульфаты	Тоже	0,09	3	Тоже
5	Пенообразователь общего назначения	Алкиларилсульфонаты	Тушение пожаров классов А и В	0,09	6	Нельзя тушить пожары классов С, D

Пены, получаемые из фторорганических пенообразователей.

Пены, получаемые из пенообразователей, основой которых являются фторорганические ПАВ, появившись сравнительно недавно и несмотря на достаточно высокую стоимость, за рубежом начинают быстро вытеснять пенообразователи общего назначения. Пенообразователи на основе фторорганических ПАВ, так называемые пленкообразующие, являются принципиально новым видом пенообразователей для тушения пожаров. Появились они в 60-х годах в связи с достижениями в области химии фторорганических соединений, а также взысканиями по защите объектов с повышенной пожароопасностью и высокой стоимостью, таких, например, как гигантские супертанкеры для перевозки нефти, новое поколение широкофюзеляжных самолетов и т. п.

Принцип действия таких пенообразователей заключается в том, что при попадании на горящую жидкость раствор, выделяющийся из пены, образует

пленку на поверхности горючей жидкости, которая препятствует поступлению горючих паров в зону горения и предохраняет пену от разрушения, вследствие чего достигается достаточно высокой огнетушащий эффект. Фторорганические ПАВ являются обязательным компонентом пленкообразующих пенообразователей этого типа, характеризующихся следующими общими свойствами:

- химической и термической стойкостью;
- биологической устойчивостью;
- высокой поверхностной активностью; проявлением поверхностной активности у фторорганических ПАВ и органических средах.

Впервые пленкообразующих пенообразователь был разработан фирмой «Minnesota Manufacturing Mining (ЗМ)» США и получил название «Light Water» (Легкая вода»). Впоследствии ряд зарубежных фирм начал выпускать пленкообразующие пенообразователи подобного типа, которые получили название «пенообразователи типа AFFF»

Высокая огнетушащая способность пленкообразующих пенообразователей позволяет подавать пену под слой горючего, а также сверху навесными струями, что упрощает процесс тушения. К достоинствам пленкообразующих пенообразователей относится также высокая надежность тушения, в частности высокая устойчивость к повторному воспламенению уже потушенной жидкости, находящейся под слоем пены.

Воздушно-механическая пена, получаемая из большинства пенообразователей, интенсивно разрушается при контакте с полярными органическими жидкостями. В результате этого огнетушащая способность пены при тушении таких жидкостей крайне низка. Для решения проблемы тушения полярных жидкостей применяют пену, полученную из «спиртоустойчивых» пенообразователей. Основой таких пенообразователей являются фторорганические ПАВ в сочетании со специально подобранным полимерным

соединением. Такой «комплекс» образует на поверхности жидкости пленку, изолирующую пену от полярной жидкости и предохраняющую ее от разрушения.

8.3 Пеногенерирующая аппаратура и техника для получения пен

Для получения пены средней кратности применяются пеногенераторы ГПС-200, ГПС-600, ГПС-600М, ГПС-2000, ГПС-2000М. При подаче пены средней кратности пеногенераторы типа ГПС следует устанавливать в местах, исключая воздействие на них пламени и газообразных продуктов горения. В таблице 23 даны основные характеристики пеногенераторов.

Таблица 23 - Характеристики пеногенераторов типа ГПС

Пеногенераторы	Рекоменд. давл-е у распылителя, МПа	Расход р-ра ПО, л×с ⁻¹	Кратность пены	Макс. расход ПО, л×с ⁻¹	Габариты		Вес, кг	Дальность пенной струи, м
					Диаметр пакета сеток, мм	Длина, м		
ГПС-200	0,4-06	1,6-2	70-100	0,12	183	0,54	2,5	
ГПС-600	0,4-06	5-6	70-100	0,36	309	0,725	5	6-8
ГПС-600М	0,4-06	5-6	70-100	0,36	310	0,5	3,2	10
ГПС-2000	0,4-06	17-20	70-100	1,2	650	1,5	25	6-8
ГПС-2000М	0,4-06	17-20	70-100	1,2	506	1,055	12,5	12

Генераторы пены

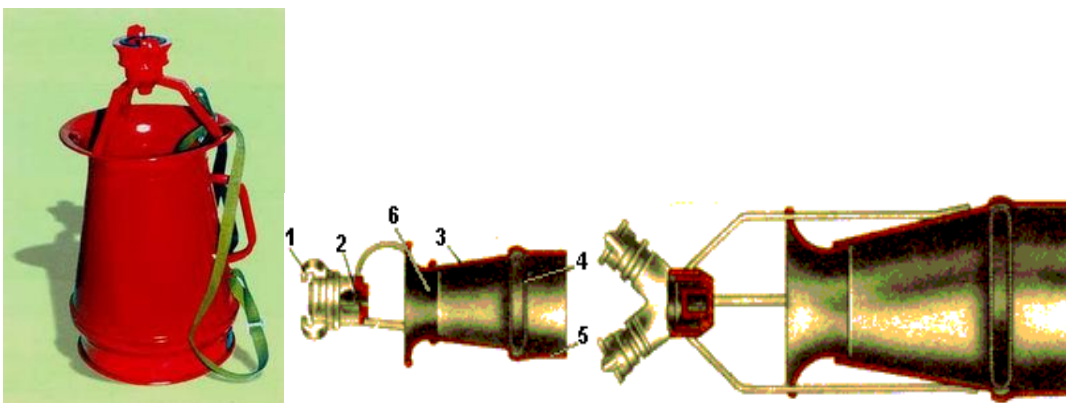
Генераторы пены средней кратности предназначены для получения воздушно-механической пены из водного раствора пенообразователя. Устанавливаются на пожарных автомобилях и стационарно. Генераторы пены средней кратности (ГПС-600, ГПС-2000, ГПС-2000М, ГПС-600) предназначены для получения воздушно-механической пены из водного раствора

пенообразователя. Устанавливаются на пожарных автомобилях (ГПС) и стационарно (ГПСС).

	<p>ГПС-600 Производительность-600 л/с. Кратность пены 80</p>
	<p>ГПС-2000 Производительность-2000 л/с. Кратность пены 80</p>
	<p>ГПСС-2000 Производительность-600 л/с. Кратность пены 70</p>
	<p>ГПС-600 Производительность-2000 л/с. Кратность пены 70</p>

Устройство

Генераторы ГПС по конструкции и принципу работы идентичны и отличаются только геометрическими размерами распылителя и корпуса. Генератор состоит из корпуса с направляющим устройством 3, распылителя 2, пакета сеток 4 и напорной соединительной головки 1. Сетка имеет ячейки 0,8-1 мм, которые изготовлены из проволоки толщиной 0,3-0,4 мм. Для получения пены используют раствор пенообразователя.



1-соединительная головка; 2-распылитель; 3-корпус; 4-пакет сеток;
5-насадок; 6-коллектор.

Рисунок 7 - Генераторы пены средней кратности ГПС-600 и ГПС-2000.

Принцип действия Генераторы пены средней кратности ГПС-600 и ГПС-2000.

Водный раствор пенообразователя через распылитель 2 выбрасывается под давлением на пакет сеток 4, создавая в корпусе 3 разрежение. Воздух через заднюю открытую часть корпуса устремляется в зону пониженного давления. В корпусе водный раствор пенообразователя интенсивно перемешивается с воздухом, образуя пузырьки примерно одинакового размера воздушно-механической пены.

Таблица 24 - Техническая характеристика генераторов пены средней кратности

Марка	ГПС-200	ГПС-600	ГПС-2000
Давление перед распылителем, МПа	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6
Расход 4-6%-ного раствора пенообразователя, л/с	1,6-2	5-6	16-20
Кратность получаемой пены	80-100	80-100	80-100
Диаметр соединительной напорной головки, мм.	50	70	80
Масса генератора, кг, не более	2,5	4,5	28

Для получения водного раствора пенообразователя применяются стационарные пеносмесители ПС-5, устанавливаемые на насосах пожарных машин. ПС-5 обеспечивает подачу 5 стволов типа ГПС-600. На ПНС-110 (131) на насосе устанавливаются ПС-12, обеспечивающий подачу 6,9 и 12 стволов типа ГПС-600. На автомобилях пенного тушения вывозятся переносные смесители марок ПС-1, ПС-2, ПС-3, которые устанавливаются в напорную линию.

Для подачи большого количества пенообразователя в рукавные линии используют пенные дозирующие вставки, которые самостоятельно изготавливают гарнизоны пожарной охраны. Дозировка пенообразователя осуществляется путем нагнетания его в напорную линию. Для введения пенообразователя в напорную линию дозирующая вставка, как правило, имеет штуцер с условным проходом 51 мм, манометр, дозирующую шайбу диаметром 10 или 25 мм.

При подаче пенообразователя в напорную рукавную линию необходимо поддерживать разность давлений пенообразователя и воды на вставке в соответствии с таблицей 25.

Таблица 25 - Разность давлений пенообразователя и воды на вставке

Пеногенераторы	Количество пеногенераторов									
	Вставка d=10 мм					Вставка d=25 мм				
	ГПС-600 или ГПС-600М					ГПС-2000 или ГПС-2000М				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Требуемый расход ПО, л×с ⁻¹	0,36	0,72	1,08	1,44	1,80	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0
Разность давлений ПО и воды у вставки, атм	0,24	0,96	2,2	3,8	5,38	2,2	0,22	0,5	0,88	1,34

Примечание: Значения расходов в таблице даны при концентрации пенообразователя в растворе, равной 6%

Для каждой дозирующей вставки, изготовлено самостоятельно, должны быть разработаны тарифовочные таблицы по определению разности давлений в зависимости от количества подключенных пеногенераторов.

Длина рукавных линий выбирается так, чтобы при давлении на насосах 0,9 МПа потери давления в рукавных линиях составляли не более 0,3 МПа.

При нормальной работе пеногенераторов пена поступает плотной струей. При неправильной работе пеногенераторов получается пена низкой кратности или вообще не получается. В этих случаях подачу пены следует прекратить и проверить систему дозирования.

Для подачи пены на тушение пожара в резервуарах используются механизированные подъемники «Бронто-Скайлифт 35-3», АКП-30, АКП-50, приспособленная пожарная техника (на базе АЛ-30, АТС-59 с башенным механизмом от АЛ-30), переносной подъемник на базе трехколенной лестницы Л-60 с подачей одного ГПС-2000 или трех ГПС-600, а также стационарные пенные камеры для подачи пены средней кратности от передвижной пожарной техники. Принципиальная схема боевого развертывания для подачи пены средней кратности представлена на рисунке 8.

При тушении пожаров в подземном железобетонном резервуаре, в зазоре между стенкой резервуара и плавающей крышей пена может быть подана с помощью пеногенераторов, установленных вручную на борт резервуара.

Принципиальная схема боевого развертывания при использовании пеноподъемников или приспособленной техники представлена на рис. Дозировка пенообразователя происходит в зависимости от расхода огнетушащего вещества.

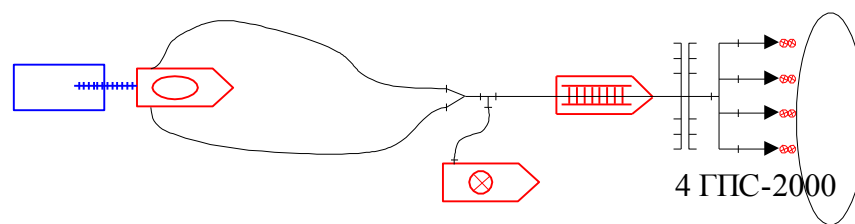


Рисунок 8 - Принципиальная схема тушения пожара в резервуаре пеной средней кратности с использованием механизированного пеноподъемника

В связи с недостатком серийно выпускаемой техники для подачи пены в горящей резервуар целесообразно использовать приспособленную технику на базе специальных кранов типа «КАТО», «ФАУН», «ЛИБКНЕР» и других с вылетом стрелы около 50 м. Для вышеперечисленной техники изготавливаются гребенки с патрубками для присоединения ГПС-2000, ГПС-2000М.

При использовании всех типов пеноподъемников необходимо определить длину рукавных линий для получения качественной пены. Предельное расстояние между водоисточником и местом установки пеноподъемника определяется по формуле:

$$L=(16,7\times(H_n-h_{ст}-Z)/(S\times Q^2)), \quad (39)$$

где H_n – напор на насосе, м;

$h_{ст}$ – напор у пеногенераторов, м;

Z – высота подъема стволов, м;

S – сопротивление одного напорного рукава длиной 20 м;

Q – подача воды (раствора пенообразователя, л×с⁻¹)

Основные характеристики переносных стволов приведены в таблице 26.

Таблица 26 - Основные характеристики переносных водопенных стволов

Технические характеристики	Марка ствола			
	ПЛС-П20Б	СВПЭ-4	СВПЭ-8	ЛСД-40А
Рабочее давление, МПа ($\text{кгс}\times\text{см}^{-2}$)	0,6 (6)	0,6 (6)	0,6 (6)	0,6-1,0
Расход раствора ПО, $\text{л}\times\text{с}^{-1}$	19	4,8-6,0	13,3-16,0	20-30
Диаметр выходного отверстия насадка, мм	25,28,32	-	-	-
Кратность пены	9	4-6	4-6	4-6
Максимальная дальность пенной струи при угле 32° , м	40	18	20	40
Длина ствола, мм	1200	715	845	-
Масса ствола, кг	22	2,8	3,8	95

Для получения и подачи пены низкой кратности под слой горючего в резервуар могут применяться отечественные высоко-напорные пеногенераторы типа ГНП и ГНПС. Указанные типы пеногенераторов имеют рабочее давление 0,6-0,9 МПа, кратность получаемой пены составляет не менее 3. Основные характеристики высоконапорных пеногенераторов отечественного производства типа ГНП приведены в таблице 27 и типа ВПГ – таблица 28.

Таблица 27 - Основные параметры пеногенераторов типа ГНП

Наименование параметра	Значения для типоразмеров		
	ГНП-12 (ГНПС-12)	ГНП-23 (ГНПС-12)	ГНП-46 (ГНПС-12)
Рабочее давление перед стволом, МПа ($\text{кгс}\times\text{см}^{-2}$)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)
Кратность пены	не менее 3	не менее 3	не менее 3
Расход огнетушащих средств при 6% растворе пенообразователя, $\text{л}\times\text{с}^{-1}$: раствора ПО ПО воды	12±2 0,8 11,2	23±3 1,4 21,6	46±4 2,8 43,2
Длина, мм	1035	1080	1080
Масса, кг	32,1(36,1)	35,0(37,7)	35,0(37,7)

Таблица 28 - Основные параметры пеногенераторов типа ВПГ

Наименование параметра	Значения для типоразмеров			
	ВПГ-10	ВПГ-20	ВПГ-40	ВПГ-10/30
Рабочее давление перед стволом, МПа ($\text{кгс}\times\text{см}^{-2}$)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)
Кратность пены	не менее 3	не менее 3	не менее 3	3-6
Расход огнетушащих средств при 6% растворе пенообразователя, л \times с ⁻¹ : раствора ПО воды	10 \pm 2	20 \pm 3	40 \pm 5	10-30
	0,6 9,4	1,2 18,8	2,4 37,6	0,6-1,8 9,4-28,2

Установка комбинированного тушения УКТП «Пурга-5» предназначена для получения воздушно-механической пены средней кратности с повышенной дальностью подачи.

Установка используется для тушения пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, твердых горючих материалов класса А и Б, а также для создания светотеплозащитных экранов в районах аварий, катастроф, стихийных бедствий, для дегазации, маскировки объектов гражданского и военного назначения.

УКТП «Пурга-5» работоспособна при использовании всех типов отечественных пенообразователей, в том числе пленкообразующих (фторированных), с концентрацией от 2 до 6% и зарубежных с концентрацией от 1 до 6%.

Таблица 29 - Тактико-технические характеристики УКТП «Пурга-5

Наименование определяемого показателя	
Расход воды при давлении 0,8 МПа, л/с	5-6
Расход водного раствора пенообразователя при давлении 0,8 МПа, л/с	5-6
Расход пенообразователя, л/с	0,4
Рабочее давление на входе в установку, МПа ($\text{кг}/\text{см}^3$)	0,6-0,9 6,0-9,0
Дальность струи, м водяной пенной	20 20-25
Кратность пены	50-60
Масса, кг	6,55
Габаритные размеры, мм (Д \times Ш \times В)	610 \times 365 \times 310

Отличается от аналогов:

- увеличенной дальностью подачи пены средней кратности;
- повышенной скоростью растекания пены по поверхности горения;
- возможностью эжектирования пенообразователя из посторонней емкости

Таблица 30 - Тактико-технические характеристики УКТП «Пурга-10. 20. 30

Наименование определяемого показателя	
Расход воды при давлении 0,8 МПа, л/с	30
Расход водного раствора пенообразователя при давлении 0,8 МПа, л/с	25-30
Расход пенообразователя, л/с	2,0
Рабочее давление на входе в установку, МПа (кг/см ³)	0,6-0,9 6,0-9,0
Дальность струи, м	50
водяной	45-50
пенной	
Кратность пены	30-40
Масса, кг	50
Габаритные размеры, мм	
длина	1255
ширина	625
высота	590

Отличается от аналогов:

- увеличенной (до 55 м) дальностью подачи пены средней кратности и скоростью ее растекания по поверхности горения;
- работоспособностью на любых типах отечественных и зарубежных пенообразователей, в том числе фторированных типа «Легкая вода»;
- возможностью подачи пены средней кратности с обвалования в резервуары с нефтепродуктами

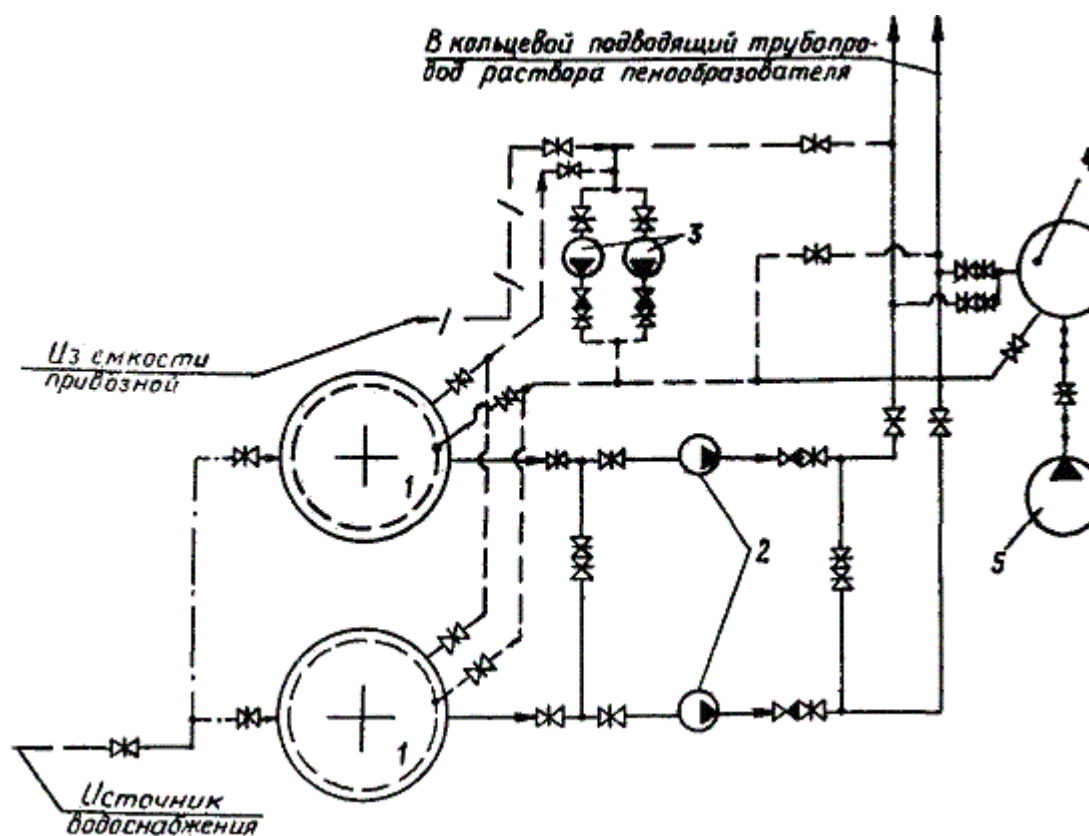
8.4 Автоматическая установка пенного пожаротушения (АУПП)

Автоматическая установка пенного пожаротушения (АУПП) предназначена для тушения пожаров в защищаемых помещениях и сооружениях

энергопредприятия при получении сигнала о его возникновении от пожарных извещателей.

Все оборудование должно быть окрашено в цвета по стандарту и иметь четкие надписи.

Принципиальная схема установки пожаротушения воздушно-механической пеной приведена на рисунке 9.



1—резервуары запаса раствора пенообразователя; 2—насосы подачи раствора пенообразователя; 3—насосы подачи пенообразователя в резервуар, раствора пенообразователя в импульсное устройство, циркуляции раствора пенообразователя; 4 — импульсное устройство (пневмобак); 5 — компрессор;

Рисунок 9 - Принципиальная технологическая схема пожарной насосной станции с подачей готового раствора пенообразователя

Трубопроводы:

раствора пенообразователя _____
водопровода
пенообразователя -.-.-.-.-
циркуляции раствора — — — — —
сжатого воздуха —●—●—●—●—●—

В состав установки автоматического пенного пожаротушения входит следующее основное оборудование:

- емкость для хранения концентрата пенообразователя или резервуар для хранения водного раствора пенообразователя;
- источник водоснабжения (специальный резервуар или водопровод);
- сеть трубопроводов;
- насосы для забора и подачи воды или готового водного раствора пенообразователя;
- запорно-пусковые устройства;
- система автоматического управления (включая пожарную сигнализацию);
- пеногенераторы или пенные оросители;
- электроизмерительные приборы.

Кроме перечисленного основного оборудования, в схему АУПП могут быть включены:

- насосы-дозаторы для подачи в напорные и распределительные трубопроводы расчетного количества пенообразователя;
- бак с водой для заливки питательных насосов;
- пневмобак для поддержания постоянного давления в сети АУПП;
- компрессор для подпитки пневмобака воздухом.

Запуск АУПП должен быть автоматический. Перевод установки пенотушения в дистанционный и ручной режим включения не допускается, за исключением случаев проведения ремонтных работ установки.

Автоматический пуск осуществляется от импульса пожарных извещателей, установленных в защищаемых помещениях (сооружениях).

Дистанционный пуск АУПП осуществляется кнопкой или ключом ручного включения, установленными на специальных панелях или шкафах щита управления (главного, блочного, теплового и т.п.). Дистанционный пуск предусматривается для дублирования автоматического пуска.

Устройства для местного пуска установки пожаротушения располагаются в помещении насосной станции и на узлах управления распределительных трубопроводов и предназначены для опробования и наладки установки пожаротушения, а также для запуска установки при отказах автоматического и дистанционного пусков.

Для получения воздушно-механической пены низкой кратности применяются оросители ОПДР-15, техническая характеристика которых приведена в таблице 31.

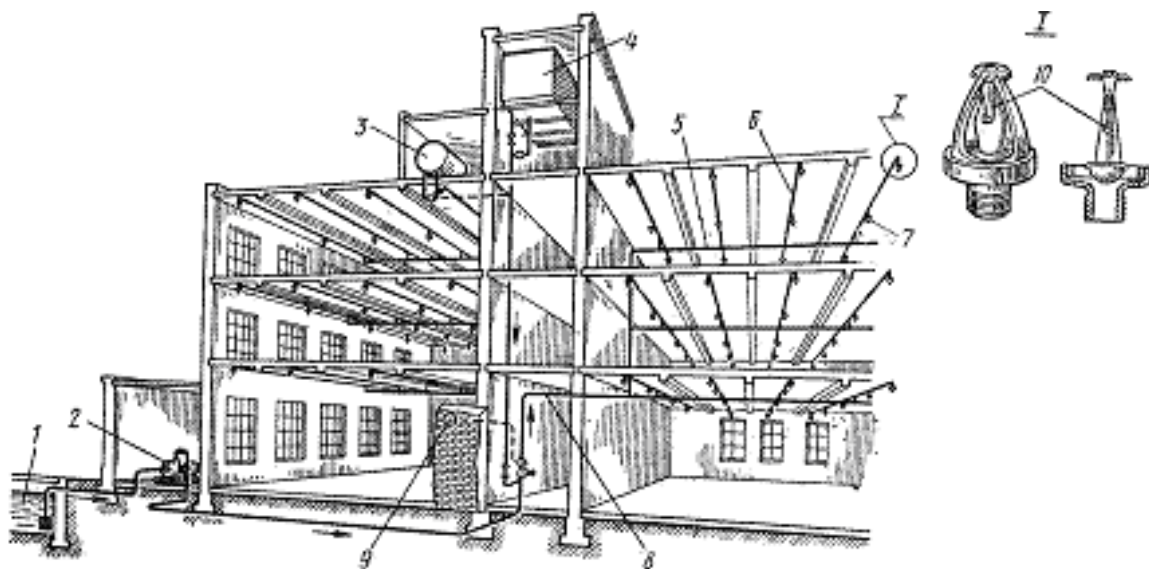
Таблица 31 - Техническая характеристика оросителей ОПДР-15

Давление, МПа	Расход, л/с		Кратность пены	Стойкость пены, с	Условный радиус орошения, м	Площадь орошения, м ²	Интенсивность орошения по раствору, л/с·м ²	Интенсивность орошения по пене, л/с·м ²
	раствора	пены						
0,05	1,6	8,0	5,0	73	2	12,5	0,128	0,64
0,1	2,2	14,3	6,6	89	2,2	15,7	0,14	0,94
0,2	3,1	26,2	8,6	137	2,5	19,6	0,158	1,33
0,3	3,5	30,4	8,7	146	2,6	21,0	0,165	1,43
0,4	3,8	35,8	9,3	157	2,6	21,2	0,178	1,67

8.5 Спринклерные и дренчерные установки пожаротушения

Для тушения пожаров внутри зданий применяют спринклерные и дренчерные установки как автоматические, так и с ручным управлением.

Спринклерные (рис.10) и дренчерные (рис.11) автоматические установки предназначены для тушения пожара водой или воздушно-механической пеной с одновременной подачей сигнала тревоги. Согласно СНиП 2.04.01 определяются помещения, где должны оборудоваться эти установки в зависимости от площади помещений (500 м² и более).



1 – резервуар; 2 – насос; 3 - автоматический водопитатель (пневматический бак);
4 – водонапорный бак (2-й автоматический водопитатель); 5 – второстепенная магистраль; 6 – распределительный рядок; 7 – спринклерная головка; 8 – главная питающая магистраль; 9 – сигнальная турбина; 10 – легкоплавкий замок.

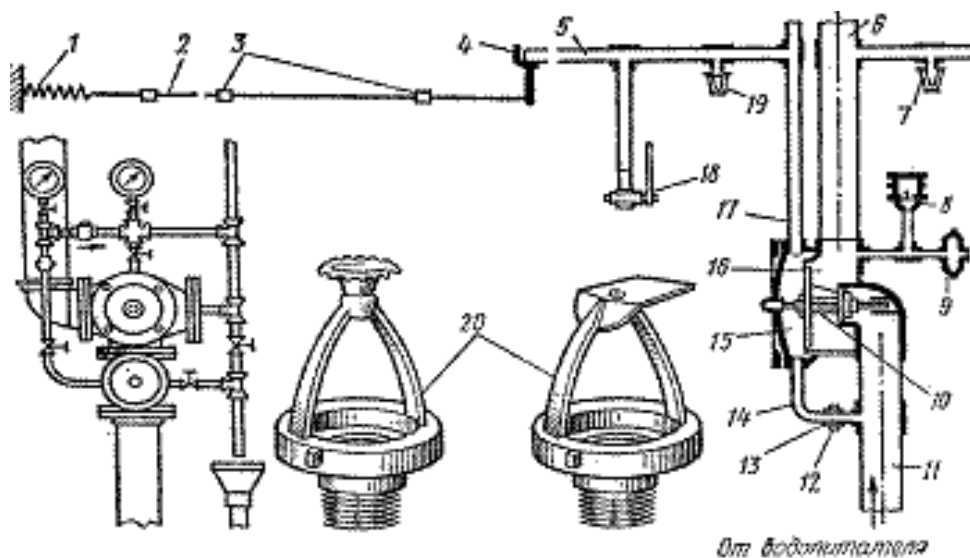
Рисунок 10 - Схема спринклерной установки водяной системы:

Спринклерная установка состоит из спринклерных головок, трубопроводов, контрольно-сигнального клапана, насоса и водонапорного бака. Головки бывают со стеклянными или металлическими легкоплавкими вставками в замках. При

повышении температуры до 53°C срабатывает замок головки со стеклянной вставкой; температура срабатывания замков головки с металлической вставкой бывает 72, 93, 141 и 182°C. Головки выбираются из условия, чтобы температура срабатывания замка превышала на 30-40°C нормальную температуру воздуха в помещении. В помещениях с повышенной пожароопасностью устанавливается одна спринклерная головка на 9м² площади, в остальных – на 12м².

Дренчерные головки устанавливаются в сеть как и спринклерные, но они всегда открыты. В автоматических дренчерных установках вода к головкам перекрывается клапанами группового действия, при срабатывании которого подается вода и сигнал.

Дренчерная установка с ручным приводом - это сеть перфорированных трубопроводов, в которые вода подается открыванием задвижки.



- 1 – натяжная пружина; 2 – трос с легкоплавкими замками; 3 – легкоплавкие замки; 4 – побудительный клапан; 5 – побудительный трубопровод; 6 – дренчерная сеть; 7 – дренчер; 8 –электросигналы; 9 – автомат пуска насосов; 10 – дифференциальный клапан; 11 - трубка отводопитателя; 12 – гайка с диафрагмой; 13 – диафрагма; 14 – соединительная трубка; 15 – надклапанная камера; 16 – камера клапана группового действия; 17 –

пусковой трубопровод; 18 – кран ручного включения; 19 – спринклерная головка; 20 – дренчерные головки.

Рисунок 11 - Принципиальная схема дренчерной установки группового действия

Спринклерные и дренчерные установки, предназначенные для тушения водой, относятся к установкам тушения распыленной водой, которые рекомендуются для пожарной защиты электрических машин, трансформаторов, маслонаполненных аппаратов.

Спринклерные и дренчерные установки пенного пожаротушения применяются для местного автоматического пожаротушения (кабельные помещения, тоннели высоковольтных сетей, помещений трансформаторов). Для ручного тушения небольших очагов пожара применяется стационарная установка газового пожаротушения (2БР-2М), состоящая из баллонов с углекислым газом.

8.6 Установка пожаротушения с тонкораспыленной водой (ТРВ)

Водой тушатся до 90% всех пожаров. Это наиболее эффективное, экологически безопасное, общедоступное и дешевое средство пожаротушения.

Традиционные пожарные стволы или стационарные системы служат очень эффективной мерой для пожаротушения и используются весьма широко. Различные системы известны уже в течение столетий. Потребление большого количества воды (более 0,08 л/м²с) при их использовании требует большого числа ёмкостей и резервуаров с водой. Повреждения, вызываемые при тушении водой обычного распыла (диаметр капель 0,4...2 мм) часто наносят ущерб больший, чем от пожара, или сравнимый с ним, так как требуют большого времени тушения очага возгорания. Имеющиеся в наличии другие средства пожаротушения: порошковые, газовые, аэрозольные и другие, несмотря на высокую

эффективность, часто неприменимы из соображений безопасности, по экологическим, экономическим или иным причинам.

В последнее время использование воды тонкого распыла (диаметр капель менее 0,2 мм или 200 мкм) привлекло большое внимание. Отказ от использования хладона (халона) по экологическим соображениям в соответствии с Монреальским соглашением, большие затраты органов власти всех уровней на устранение последствий пожаров и особенно последствий их тушения, необходимость применения автоматических систем пожаротушения (АСПТ) значительно усилили интерес к тонкораспыленной воде как агенту пожаротушения.

Несмотря на уровень понимания проблемы использования таких систем, очевидный уже в 50-х годах, до недавнего времени превалировало мнение о преимуществах применения воды с размером капель более 400 мкм в стандартных стволах и АСПТ. Действительно, "грубые" струи воды способны достичь очага пожара, проникнуть в его ядро и потушить возгорание, однако при этом большое количество воды (до 60%) стекает ниже уровня пожара и на горение не воздействует.

Хотя смачивание и охлаждение твердых горючих материалов достигается легче при использовании капель размером более 400 мкм, но для этого требуется большое количество воды. Основное преимущество водяного тумана с каплями менее 200 мкм состоит в увеличении скорости поглощения тепла из горючих газов и пламени. Суммарная поверхность капельного объема, отнесенная к массе всех капель, увеличивается обратно пропорционально радиусу капель $1/R$, поэтому кроме увеличения скорости испарения увеличивается суммарная площадь испарения мелких капель и общий уровень потерь тепла при пожаре.

Расчеты, основанные исключительно на тепловом балансе, не учитывают второго эффекта - оттеснение кислорода из зоны пламени. При быстром испарении водяной пар замещает воздух в зоне горения, что пропорционально уменьшает скорость горения материала и интенсивность тепловыделения.

Третьим механизмом подавления огня является затухание теплового излучения. Эксперименты показали, что тепловой поток в области длин волн 1-6 мкм от стандартных очагов возгорания снижается более чем в 4 раза на расстоянии от них 1,7 м при наличии в помещении водяного тумана.

Наиболее сложным является вопрос о необходимой дисперсности капель жидкости для эффективного тушения пламени.

Использование установок пожаротушения с тонкораспыленной водой (ТРВ) в качестве огнетушащего вещества началось в областях, ранее не имевших установок противопожарной защиты. Так, фирмы Airbus и Boeing установили в салонах и технических отсеках самолетов спринклерную автоматическую систему пожаротушения ТРВ с ограничением времени до 7 минут. Для защиты пассажирских кают и машинного отделения морского парома "Звезда Скандинавии" фирмой "Marioff" создана и установлена централизованная спринклерная система пожаротушения с использованием "водяного тумана", по зарубежной терминологии - "Hi-fog".

Для защиты комплекса зданий армейской базы Великобритании, в том числе вычислительного центра и складов дорогостоящего оборудования, используются автоматические спринклерные оросители 727 FC.

Помимо централизованных установок, используются модульные установки автоматического пожаротушения для помещений, где находятся люди и ценное оборудование. Фирма "Marioff" чаще всего для этого использует ТРВ, полученную при смешении воды с газом (воздухом) и последующим выпуском этой смеси через разгонные сопла.

Двухфазные воздушно-водяные сопловые насадки используются в модульных и стационарных системах для противопожарной защиты турбинных установок и машинных отделениях норвежских платформ шельфовой добычи нефти компаний "British Petroleum" (BP) и "Ginge Kerr" (Company of Denmark).

С середины восьмидесятых годов на британском подводном флоте "Royal Navy" противопожарная защита осуществляется с помощью установок ТРВ дисперсности до 400 мкм.

Кроме закрытых помещений, установки пожаротушения с использованием ТРВ применяются на открытых площадках. Так, австрийская фирма "Aquasys" с успехом испытала спринклерную систему ТРВ для тушения трансформаторов 12000 KVA, установленных на открытом воздухе.

В России модульная установка автоматического пожаротушения МПВ-40 ЗАО "Инженерный Центр "Спецавтоматика" установлена в г. Москве в магазине фабрики "Красный Октябрь". Водяной туман получен в газо-жидкостном водоазотном потоке.

Перечисленные примеры являются только малой частью применения установок пожаротушения ТРВ, причем область их использования непрерывно расширяется. Установки пожаротушения ТРВ нельзя применять только для тушения активных металлов, металлоорганических соединений, карбидов, гибридов металлов, раскаленного угля и железа. Системы пожаротушения с ТРВ могут быть применены различными путями в зависимости от технических и строительных особенностей защищаемого объекта. Самой главной угрозой для жизни людей и утраты материальных ценностей является быстрое и неконтролируемое распространение огня и дыма. В момент так называемого пробоя слой дыма оказывает поджигающее воздействие, и шансы для распространения пожара в другие части помещения очень высоки, поскольку пламя и дым с раскаленными частицами сажи проникают в имеющиеся вентиляционные каналы и отверстия. Вода тонкого распыления охлаждает дымовые газы в помещении и сильно ослабляет мощность теплового излучения. В связи с этим представляется весьма интересным направлением стратегия поддержания контроля над пожаром. Это предотвратит распространение и не позволит вовлечь в пожар еще не воспламененные сгораемые предметы и, тем

самым, окончательно защитит объект от большого пожара. Отметим, что такая стратегия является прерогативой только при использовании воды тонкого распыления и не может быть применена для других огнетушащих веществ.

Можно с уверенностью сказать, что ТРВ является в настоящее время наиболее перспективным огнетушащим веществом.

За рубежом созданы установки с ТРВ, которые при работе используют насосное оборудование с давлением более 70 атм, что значительно усложняет их применение в реальных условиях.

Результатами многолетних исследований специалистов подтверждено, что пожаротушение с помощью тонкораспыленной воды имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с существующими системами:

- высокая эффективность тонкораспыленной воды, уменьшающая ее потребность для ликвидации загораний в 5 - 7 раз по сравнению традиционными стволами и существующими системами;
- значительно уменьшаются ущерб от пожара и от последствий его тушения;
- полная экологическая безопасность средств пожаротушения;
- снижение эксплуатационных расходов по сравнению с порошковыми, аэрозольными, газовыми системами.

Вместе с тем, несмотря на очевидные преимущества, применение ТРВ до настоящего времени имело ограниченное применение. Это происходит из-за отсутствия систем, способных доставить мелкодисперсный поток к месту возгорания.

Имеющиеся импортные установки на ТРВ обеспечивают распыл за счет высокого давления подачи жидкости, но имеют ограниченный радиус действия - всего 3-5 метров.

НИИ НТ при МАИ на базе фундаментальных исследований двухфазных потоков и на основе запатентованной газодинамической технологии разработаны и производятся ряд перспективных средств пожаротушения нового поколения, не

имеющих аналогов в России и за рубежом, использующих в качестве тушащей жидкости тонкораспыленную воду (с величиной капли до 100 мкм):

- ранцевая установка пожаротушения "Игла-1-0,4" РУПТ00.00.000 ТУ - расход воды 0,4 л/сек, запас воды - 12 л, дальность струи свыше 10 метров - выпускается серийно (сертификат соответствия РОСС RU.ББ02.Н00444, сертификат пожарной безопасности ССПБ. RU.УП001.Н00092), рекомендована для эксплуатации в подразделениях ГПС МВД РФ, может производить тушение твердых материалов, легковоспламеняющихся жидкостей, а также электрооборудования под напряжением до 36 000 Вольт;

- мобильная установка пожаротушения - расход воды 0,4 л/сек, запас воды – 50 л, дальность струи свыше 10 метров - выпускается серийно, может производить тушение твердых материалов, легковоспламеняющихся жидкостей, а также электрооборудования под напряжением до 36 000 Вольт;

- установка пожаротушения "Игла-2-1,0" расход воды 1,0 л/сек дальность струи около 20 метров - подвижная система - производится на базе микро-автомобиля "Кинешма-Крос";

- система "Игла-В" - расход воды 10 л/сек, дальность струи свыше 60 метров - для установки на вертолет, может производить направленное управляемое тушение как на открытых площадях (лесные пожары, открытые склады и др.) так и высоких зданий через оконные проемы, как вариант может быть установлена на автомобиль или вездеход - имеется опытный образец;

- система "Игла-К" - расход воды 40,0 л/сек, дальность струи свыше 100 метров - для установки на катер, как вариант может быть установлена на самолет, крупный вертолет, ж/д платформу, вездеход, или полуприцеп - имеется опытный образец.

- стационарные системы: модуль для локализации и ликвидации горения тонкораспыленной жидкостью и система пожаротушения с автоматическим пуском.

По своим возможностям созданные установки универсальны и могут применяться с одинаково хорошей эффективностью для тушения твердых и жидких горючих веществ, электроустановок под напряжением, как на открытом пространстве, так и в помещениях. По сравнению с известными импортными и российскими системами они помимо преимуществ от использования ТРВ имеют следующие положительные особенности:

- использование небольших давлений жидкости (не более 10-15 атм.) для достижения необходимой дальности и дисперсности, что позволит уменьшить массу и габариты средств пожаротушения, а, следовательно, и эксплуатационные расходы;
- значительно большую дальность подачи огнетушащей жидкости, в том числе независимо чистой воды или с пенообразующими добавками, что дает возможность использования систем с больших расстояний, расширяя их тактические возможности и безопасность;
- высокую скорость струи, позволяющую помимо охлаждения поверхности горения проникать в через фронт пламени или сбивать его;
- возможность подачи струи практически горизонтально поверхности земли (в отличие от гидрантов и других водяных систем), что позволит увеличить дальность воздействия на очаги, расположенные в помещениях через оконные и дверные проемы, а также установив систему на вертолете производить тушение зданий повышенной этажности без использования подъемных механизмов;
- создавать системы на ТРВ любой производительности и большой дальности;
- электробезопасность применения (испытано на ранцевой установке при напряжениях до 36 000 Вольт), а, следовательно, начало тушения непосредственно по прибытии на место (до отключения электроэнергии), что сокращает ущерб от пожара;
- мобильность, автономность и универсальность ранцевой установки

позволяет существенно уменьшить время до начала тушения, используя для ее доставки мотоциклы и автомобили быстрого реагирования. Созданный в нашей компании научно-технический задел позволяет при сравнительно создавать высокоэффективные установки пожаротушения нового поколения.

8.7 Расчет сил и средств на ВСШ цеха №17

Тактический замысел.

В результате короткого замыкания электропроводки произошло воспламенение трансформаторного масла.

Исходные данные:

Линейная скорость распространения огня $V_{\text{лин}} = 2,5$ (м/мин);

Интенсивность подачи огнетушащих средств $J_{\text{треб}} = 0,05$ (л/(м² × с));

Горючая загрузка 20 кг/м²;

Время следования к месту пожара 3 минут;

Площадь горения 1440 м²

Согласно гарнизонному расписанию выездов для тушения возможного пожара в ВСШ трансформаторного корпуса ООО «Трансформатор» привлекаются подразделения пожарной охраны по вызову №3. Силы и средства представлены в таблице 30

Таблица 32 - Силы и средства, привлекаемые по вызову №3

Подраз-е	ПЧ-86			ПЧ 35	ПЧ-69			ПЧ 70	ПЧ 160	ПЧ-13		ПЧ 75	ПЧ 11
	2АЦ 40	АЛ 30	АГ 12		АЦ 40	АЦ 40	АР			ПНС	АЦ 40		
Время следования	5 мин	5 мин	5 мин	8 мин	6 мин	6 мин	6 мин	20 мин	3 мин	10 мин	10 мин	25 мин	25 мин

Определяем время свободного горения:

$$\tau_{св} = \tau_{дс} + \tau_{сб} + \tau_{след} + \tau_{бр}, \quad (40)$$

где $\tau_{дс}$ – промежуток времени от начала возникновения пожара до сообщения о нем в пожарную часть; $\tau_{дс} = 8$ мин;

$\tau_{сб}$ – время сбора личного состава боевых расчетов по тревоге; $\tau_{сб} = 1$ мин;

$\tau_{след}$ – время следования подразделений на пожар; $\tau_{след} = 3$ мин;

$\tau_{бр}$ – время боевого развертывания подразделений пожарной части по введению первичных средств тушения; $\tau_{бр} = 4$ мин

$$\tau_{св} = \tau_{дс} + \tau_{сб} + \tau_{след} + \tau_{бр} = 8 + 1 + 3 + 4 = 16 \text{ (мин)}$$

Определяем площадь тушения 1 ГПС-600:

$$S_{туш} = Q_{гпс} / I_{треб} = 6 / 0,05 = 120 \text{ (м}^2\text{)}$$

Определяем требуемое количество ГПС-600 для тушения пожара:

$$N_{ств. гпс} = S_T / S_{Т1гпс} = 1440 / 120 = 12 \text{ ГПС-600}$$

Определяем общее количество пенообразователя, требуемого для тушения пожара с учетом резерва и обеспеченности объекта водой:

$$Q_{общ}^{по} = N_{гпс-600} \times 60 \times \tau_p \times k_3,$$

где $Q_{общ}^{по}$ – общий расход пенообразователя;

τ_p – расчетное время тушения пожара;

k_3 – коэффициент запаса огнетушащего вещества;

$$Q_{\text{общ}}^{\text{по}} = N_{\text{ГПС-600}} \times 60 \times \tau_{\text{р}} \times k_3 = 12 \times 0.36 \times 60 \times 15 \times 3 = 11664 \text{ (л)}$$

Определяем требуемый расход воды для обеспечения 12 ГПС-600 на тушение:

$$Q_{\text{туш}} = N_{\text{ГПС}} \times Q_{\text{ГПС}} = 12 \times 5,64 = 68 \text{ (л/с)}$$

Определим количество сил и средств на защиту и возможное тушение. С учетом обстановки на пожаре, требований Боевого устава пожарной охраны и тактических условий осуществления боевых действий на защиту несущих конструкций и напольного покрытия на отметке 0.00 потребуется 2 ствола «А» и 2 ствола «Б»

Итого: 2 ствола «А» и 2 ствола «Б»

Определим требуемый расход воды на тушение и защиту.

Определяем общий требуемый расход воды на тушение и защиту:

$$Q_{\text{тр}} = Q_{\text{туш}} + N_{\text{ств «А»}} \times q_{\text{ств. «А»}} + N_{\text{ств «Б»}} \times q_{\text{ств. «Б»}} = 68 + 2 \times 7 + 2 \times 3,5 = 89 \text{ (л/с)}$$

Определяем водоотдачу кольцевого водопровода:

$$Q_{\text{к расч}} = (\varnothing/25)^2 \times V_{\text{в}} = 8^2 \times 2 = 128 \text{ (л/с)}$$

$$Q_{\text{к факт}} = 40 \text{ (л/с)} \text{ – пожарный водопровод}$$

$$Q_{\text{к факт}} = 40 \text{ (л/с)} \text{ – артезианский водопровод}$$

$$\text{Итого: } Q_{\text{к факт}} = 80 \text{ (л/с)}$$

Из расчета видно, что имеющиеся водопроводы не обеспечат требуемый расход воды для тушения пожара, поэтому необходимо использовать пожарные водоемы.

Определим требуемое количество звеньев ГДЗС для выполнения работ по тушению пожара, защите помещений и эвакуации людей.

Тушение пожара - 12 звеньев ГДЗС (36 человек);

Защита помещений - 4 звена ГДЗС (12 человек)

Определим требуемое количество сил и средств для полной ликвидации пожара.

Определяем необходимое количество личного состава для полной ликвидации пожара:

$$N_{л/с} = N_{т.гдзс} \times 3 + N_{з.гдзс} \times 3 + N_{рез.гдзс} \times 3 + N_{разв} + N_{связ} + N_{пб} + N_{вод} + N_{ал} + N_{аг} + N_{эв} = \\ = 12 \times 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 2 + 4 + 8 + 4 \times 3 + 6 \times 3 = 89 \text{ (чел)}$$

Определяем требуемое количество АЦ-40 необходимых для подачи воды в очаг пожара с общим расходом 14 л/с:

$$N_{ац-40} = N_{общ.ст} / N_{исх} = 16 / 2 = 8 \text{ (АЦ-40)}$$

Определяем требуемое количество отделений для выполнения работ по тушению, защите помещений:

$$N_{отд} = N_{л/с} / 5 = 89 / 5 = 18 \text{ (отделений)}$$

Итого: на тушение: 12 звеньев ГДЗС, 36 человек; эвакуацию: 2 звена ГДЗС, 126 человек.

8.8 Расчет насосно-рукавной системы для подачи воздушно-механической пены (ВМП)

Определяем необходимый напор:

$$H_{тр} = h_{мл1} + h_{мл2} + h_{рл} + h_z + H_{гпс-600}^{уктп} \quad (41)$$

Определяем потери напора в магистральной линии, проложенной от АЦ на водоисточнике до головной АЦ:

$$h_{мл1} = n_{мл1} \times S_x \times (Q^2/4) = 4 \times 0,035 \times (30^2/4) = 32 \text{ (м)} \quad (42)$$

Определяем потери напора в магистральной линии от головной АЦ:

$$h_{мл2} = n_{мл2} \times S_x \times (Q^2/4) = 7 \times 0,015 \times (30^2/4) = 23 \text{ (м)}$$

Определяем потери напора в рабочей линии:

$$h_{рл} = n_{мл2} \times S \times Q^2, \quad (43)$$

$$h_{рл} = 2 \times 0,13 \times 6^2 = 10 \text{ (м)}$$

$$\emptyset 51 = 0,13;$$

$$\emptyset 66 = 0,035;$$

$$\emptyset 77 = 0,015;$$

$$H_{тр} = h_{мл1} + h_{мл2} + h_{рл} + h_z + H_{гпс-600}^{уктп}, \quad (44)$$

где n – количество рукавов;

Q – расход раствора пенообразователя;

h_z - потери напора на неровной местности;

$H_{гпс-600}^{уктп}$ – напор на насадке ствола 70 мм;

h_p - потери напора в трехходовом разветвлении; $h_p = 10$ м

$$H_{тр} = 32 + 23 + 10 + 10 + 0 + 70 + 10 = 155 \text{ (м)}$$

Технические возможности ПН-40УА не обеспечивают напор, поэтому применяем схему боевого развертывания из насоса в насос. Дозирующая вставка находится в напорной линии.

Определяем напор на насосе АЦ, установленной на водоисточник:

$$H_B = H_{пас} + h_{мл1} + h_{д.в}, \quad (45)$$

где $H_{пас}$ – напор на входе в насос пожарного автомобиля по паспорту

$$H_B = 40 + 32 = 72 \text{ (м)}$$

Определяем напор на насосе пожарного автомобиля, подающего пенообразователь:

$$H_{пх} = H_B + 20 - h_{мл1} = 60 \text{ (м)}, \quad (46)$$

где 20 – разность давления из татировочной таблицы дозирующей вставки при расчете площади отверстия дозирующей вставки.

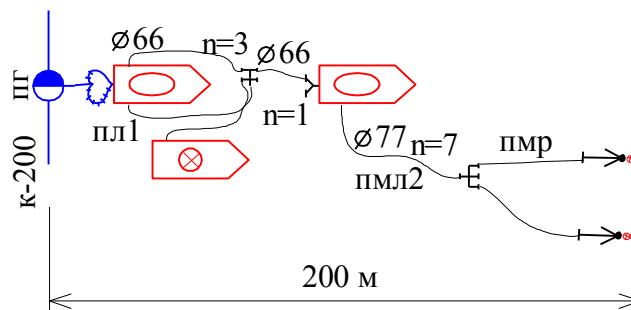
Определяем требуемый напор головного автомобиля:

$$H_r = 155 - 72 = 83 \text{ (м)}$$

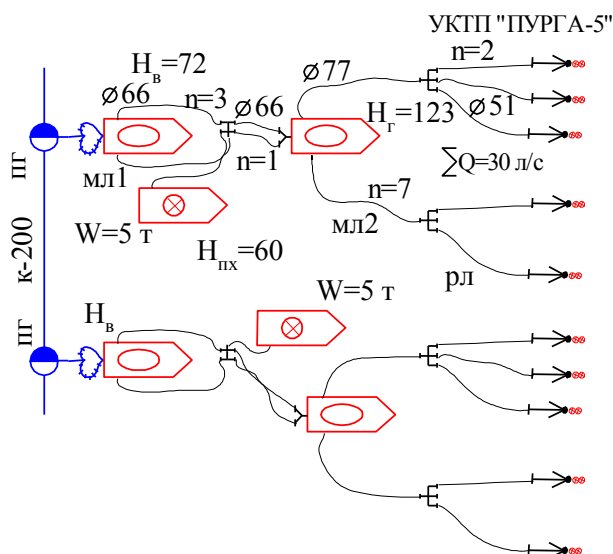
Определяем показание манометра головного пожарного автомобиля:

$$H_r^H = H_{гтр} + H_{пас} = 83 + 40 = 123 \text{ (м)}$$

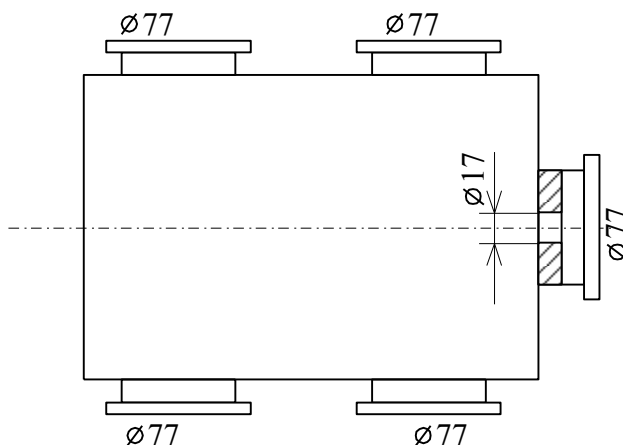
Необходимо предусмотреть еще одну схему:



Для подачи ВМП применяем следующую схему:



В данной схеме применена дозирующая вставка, которая изготовлена силами гарнизона.

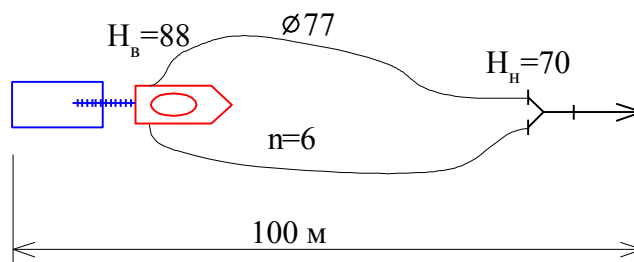


Она имеет следующие преимущества:

- не требует ежегодной проверки в отличие от ПС-5;
- наименьшие потери давления;
- возможное применение при подаче УКТП «Пурга-30» или для 5 УКТП «Пурга-5» ГПС-600;
- для дозирующей вставки разработаны таблицы по определению разности давления в зависимости от количества подключенных пеногенераторов.

С учетом обстановки на пожаре и наибольшей высоты кровли (36 м), необходимо подать на защиту несущих конструкций ПЛС-20 с диаметром вспыска 28 мм $H_{нас}=70$ м, $Q=22,8$ л/с, $R=37$ м

Определяем площадь тушения одним УКТП «Пурга-5» (установка комбинированного тушения пожаров): $S_T=Q_{уктп}/J_{треб}$, где $J_{треб}=0,05$ л/(м²хс) масла $t_{вспышки}=28^0C$ и выше $=6,4/0,05=128$ м².



8.9 Эвакуация и спасение людей

Исходя из функциональной пожарной опасности производственных зданий, трансформаторного корпуса и контингента эвакуированных людей, эвакуация будет представлять собой процесс организованного самостоятельного движения людей наружу из помещений, относящихся к контингенту психически полноценных и тренированных людей, информированных о путях эвакуации. Эвакуация будет осуществляться по путям эвакуации через эвакуационные выходы.

В качестве основных ситуаций по спасению людей следует принимать две, а именно – спасание с наружных элементов и внутреннего объема зданий. Может иметь место и комбинация этих двух ситуаций на любом промежутке времени ведения боевых действий по спасению людей. В свою очередь каждая из этих ситуаций состоит из элементов ведения работ по спасению.

Спасание людей может производиться следующим образом:

1. С наружных элементов здания:

- с помощью ручных пожарных лестниц;
- с помощью автолестниц, автоподъемников;
- с наружных ограждающих конструкций и элементов
- с помощью канатно-спусковых устройств, механизмов и спасательных веревок (спасательная веревка, пожарный пояс с карабином, рукавицы);
- с крыши, покрытия здания:

- с помощью канатно-спусковых устройств, механизмов, спасательных веревок;

- переход по крыше, покрытию в другой противопожарный отсек и далее по эвакуационным выходам наружу;

- переход по крыше, покрытию к наружной стационарной пожарной лестнице и далее в безопасную зону на прилегающей территории;

- с наружных элементов здания на нижерасположенные элементы и далее внутри здания

2. Из внутреннего объема здания:

- по эвакуационным выходам наружу (вниз);

- в другой противопожарный отсек через защищенные проемы или аварийные выходы (по горизонтали) и далее по эвакуационным выходам наружу;

- по аварийным выходам к наружным элементам здания

Время выполнения маневров, развертывания технических средств, а также параметры технических средств спасания представлены в таблицах 33, 34.

Таблица 33 - Время выполнения маневров, развертывания технических средств

Вид спасательного средства	Время, с
Автолестница АЛ – 30...45	подъем колен до максимального угла – 25-45 выдвигание колен на полную длину – 25-45 поворот на 360 ⁰ – 60 одновременное выполнение маневров – 90-120
Коленчатый подъемник	подъем на максимальный угол – 90
Амортизационный спасательный матрас («Куб жизни»)	летом – 45, зимой – 70
Натяжное спасательное полотно	30
Спасательные рукава	не нормируется

Таблица 34 - Параметры технических средств спасания

Средства спасания	Параметры
Спасательные рукава типа РСД, РТЭ, РТДС	Пропускная способность – до 20 чел×мин ⁻¹
Амортизационный спасательный матрац («Куб жизни»)	2-3 прыжка без дополнительного заполнения
Автолестницы с лифтом (спасательной кабиной)	3-5 человек за подъем (180-400 кг)
Натяжное спасательное полотно	Пропускная способность – до 2-3 чел×мин ⁻¹

8.10 Расчет времени эвакуации

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной l_i и шириной b_i . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т. п.

Согласно представленной схеме (рис. 12) ведем расчет одной из двух симметричных частей цеха относительно двух эвакуационных выходов.

Плотность людского потока (D_1) на первом участке пути, м²/м² определяем по формуле:

$$D_1 = N_1 \times f / l_1 \times \delta_1, \quad (47)$$

где N_1 – число людей на первом участке, чел.;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м², принимаемая равной, 0,1 – взрослого в домашней одежде; 0,125 – взрослого в зимней одежде; 0,07 – подростка;

δ_1 – ширина первого участка пути, м.

$$D_{1.1.} = N_1 \times f / l_1 \times \delta_1 = (25 \times 0,1) / (30 \times 4) = 0,02 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Плотность людского потока (D_2) на втором участке пути:

$$D_{1.2.} = N_2 \times f / l_2 \times \delta_2 = (15 \times 0,1) / (45 \times 4) = 0,01 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице определяем для каждого потока скорость и интенсивность, а именно:

для первого потока – $V = 60$ м/мин, $q = 12$ м/мин

для второго потока – $V = 100$ м/мин, $q = 1$ м/мин

Время движения людского потока по первому участку пути (t_1), мин, вычисляют по формуле:

$$t_1 = l_1 / v_1, \quad (48)$$

где l_1 – длина первого участка пути, м;

v_1 – значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, определяется по таблице в зависимости от плотности D , м/мин

$$t_1 = l_1 / v_1 = 30 / 60 = 0,5 \text{ мин}$$

$$t_2 = l_2 / v_2 = 42 / 100 = 0,3 \text{ мин}$$

$$D_{1.2.} = D_{2.1.}$$

При складывании потоков интенсивность определяем по формуле:

$$q_i = \sum q_{i-1} \times \delta_{i-1} / \delta_i, \quad (49)$$

где δ_{i-1} , δ_i – ширина рассматриваемого i -го и предшествующего ему участка пути, м;

q_i, q_{i-1} - значения интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i -му и предшествующему пути, м/мин, значение интенсивности движения людского потока на первом участке пути ($q_i=q_{i-1}$), определяемое по таблице по значению D_1

$$q_1 = \sum q_{i-1} \times \delta_{i-1} / \delta_1 = (12 \times 4 + 1 \times 3,5) / 2,4 = 21,4 \rightarrow 13,5 \quad V = 15 \text{ м/мин} \quad t = 3 / 15 = 0,2 + 0,2 = 0,4 \text{ мин}$$

$$q_2 = \sum q_{i-1} \times \delta_{i-1} / \delta_1 = (12 \times 4 + 1 \times 3,5) / 2 = 27,75 \rightarrow 13,5 \quad V = 15 \text{ м/мин} \quad t = 3 / 15 = 0,2 + 0,2 = 0,4 \text{ мин}$$

Таблица 35 – Определение плотности людского потока

Плотность потока D , $\text{м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальный путь		Дверной проем интенсивно q м/мин	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость, м/мин	Интенсивность q , м/мин		Скорость, м/мин	Интенсивность q , м/мин	Скорость, м/мин	Интенсивность q , м/мин
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	13,4	68	13,6	40	8
0,3	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,4	40	16	18,4	40	16	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11
0,6	27	16,2	19	24	14,4	18	10,6
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,9 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Расчетное время эвакуации людей (t_p) следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i \quad (50)$$

где t_1 - время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;
 t_2, t_3, \dots, t_i - время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути мин.

$$t_1 = 0,5 + 0,42 + 0,4 = 1,32 \text{ мин}$$

$$t_2 = 0,3 + 0,42 + 0,4 = 1,12 \text{ мин}$$

Сравнив время эвакуации с временем задымления помещения, можно сделать вывод о необходимости дымоудаления.

Время дымоудаления рассчитываем по формуле:

$$t_{\text{задым}} = (20 \times F_n \times (1/\sqrt{y}) - (1/\sqrt{H_n})) / 60 \times (1/(\Pi/g)), \quad (51)$$

где F_n – площадь помещения, $F_n = 4368 \text{ м}^2$;

H_n – высота помещения $H_n = 12 \text{ м}$;

g – ускорение свободного падения $g = 9,8$;

y – величина, принимаемая равной 1,8;

Π – периметр очага пожара, определяемый по формуле:

$$\Pi = 0,33 \times \sqrt{F_n}, \quad (52)$$

$$\Pi = 0,33 \times \sqrt{F_n} = 0,33 \times \sqrt{4368} = 21,8 \text{ м}$$

$$t_{\text{задым}} = (20 \times F_n \times (1/\sqrt{y}) - (1/\sqrt{H_n})) / 60 \times (1/(\Pi/g)) = 320 \text{ мин}$$

Так как время эвакуации меньше времени задымления, то дымоудаление не требуется. Время эвакуации исходя из расчета не превышает нормативного.

8.11 Расчет дымоудаления

Известно, что пожарная нагрузка трансформаторного корпуса составляет 20 кг/м². Количество выделяемых продуктов сгорания твердых горючих материалов составляет 5 м³/кг, площадь пожара по расчетам 1440 м², производительность дымососов ДПЭ-20 равна 20000 м³/час.

Общая масса пожарной загрузки $M = 1440 \times 20 = 28800$ (кг);

Количество выделенных продуктов сгорания $N = 28800 \times 5 = 144000$ (м³);

Время удаления дыма из здания составит:

1 дымососом ДПЭ-20 $\tau = 144000 \times 60 / 20000 = 432$ (мин);

2 дымососами ДПЭ-20 $\tau = 144000 \times 60 / 40000 = 108$ (мин);

Учитывая большие объемы трансформаторного и большие площади окон освещения фонарей, а также большого количества въездных ворот, 4 дымососа ДПЭ-20, установленные на выходе из АБК в производственную часть здания вполне достаточно для удаления дыма из корпуса в течении 20 минут.

8.12 Основные этапы действий при тушении возможного пожара

1. Вызов и сосредоточение сил и средств, необходимых для проведения работ по спасению людей и тушению пожара.
2. Расстановка сил и средств, постановка боевых задач подразделениям.
3. Развертывание штаба пожаротушения, организация боевых участков, работа КПП, ГДЗС, ППУ ГО ЧС.
4. Создание резерва сил и средств, вызов спецслужб города, взаимодействие с этими спецслужбами.
5. Организация управления подразделениями, информация о пожаре и передача ее на ЕДДС.

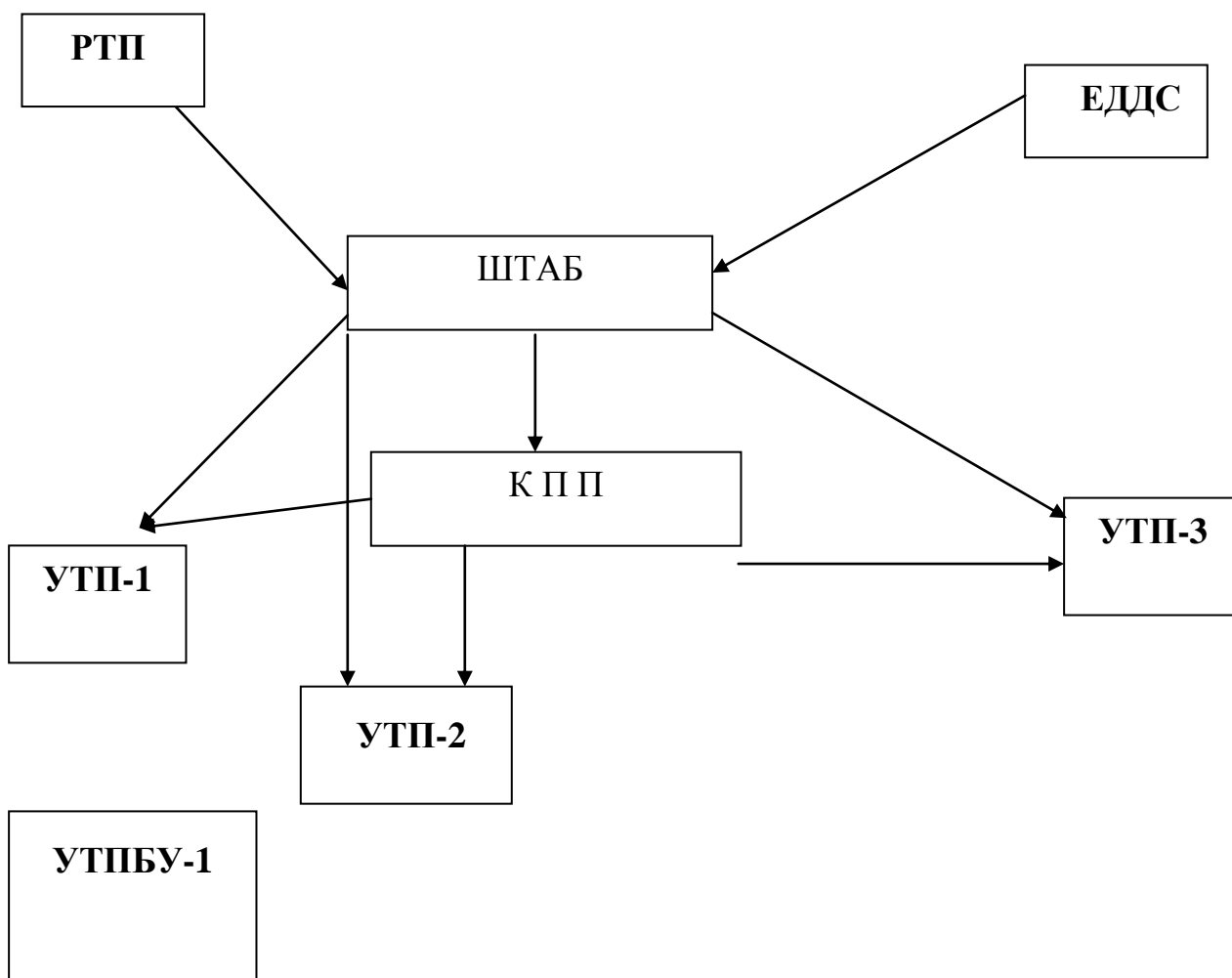


Рисунок 12 - Схема связи и управления

8.13 Рекомендации должностным лицам по тушению возможного пожара

РЕКОМЕНДАЦИИ РТП

1. Произвести разведку, подтвердить вызов №2. При наличии паники и необходимости массового спасения людей объявить вызов №3.

2. Организовать эвакуацию людей, защиту путей эвакуации, уточнить о количестве пострадавших.

2. При возможности задействовать для тушения пожара внутренний противопожарный водопровод.

3. Организовать защиту смежных помещений.

4. Подтвердить вызов дополнительных автолестниц и коленчатых подъемников из других частей.

5. Принять меры по открытию окон освещения на кровле и открытию въездных ворот.

6. Уточнить места заземления ПА.

7. Организовать пять боевых участка:

- два на тушение пожара на ВСШ;

- один на защиту несущих конструкций и напольного покрытия;

- один на эвакуацию людей из здания и дымоудаление.

8. Организовать дымоудаление, используя переносные дымососы ДПЭ-20 от АГ-12 ПЧ-86, оконные проемы (методом аэрации).

9. Контролировать подготовку к пенной атаке. Провести инструктаж с участниками тушения пожара, где объявить сигналы начала и прекращения подачи пены, сигнал на отход личного состава в случае угрозы обрушения железобетонных перекрытий.

10. При доставке к месту пожара ПО-1 возможно использовать АЦ-40

11. Создать оперативный штаб пожаротушения.

12. В состав оперативного штаба включить представителей объекта.

13. В процессе подготовки и тушения непрерывно следить за изменением обстановки на пожаре путем личного проведения разведки, получения сведений от НШ, НБУ, представителей объекта.

РЕКОМЕНДАЦИИ НАЧАЛЬНИКУ ШТАБА

1. Произвести расстановку сил и средств согласно решению, принятому РТП.
2. Организовать непрерывную разведку и получение данных от начальников БУ с целью владением обстановкой.
3. Вызвать при необходимости дополнительные силы и средства, передать указания РТП руководителям подразделений.
4. Создать резерв сил и средств.
5. При необходимости организовать сбор личного состава и начальствующего состава и доставку его к месту пожара.
6. Задействовать службы города:
 - ЦРУВД – тел. 48-92-02;
 - скорая помощь – тел. 03;
 - «Водоканал» - тел. 22-08-81;
 - «Электросеть» – тел. 22-02-65, 22-53-94.

РЕКОМЕНДАЦИИ НАЧАЛЬНИКУ ТЫЛА

1. Произвести разведку водоисточников.
2. Расставить на ПГ автомобили согласно плана пожаротушения.
3. Вести учет пожарной техники, прибывающей на пожар.
4. Организовать встречу и расстановку сил и средств.
5. Выбрать место для расположения резервной техники.
6. Организовать взаимодействие со службой водоснабжения.
7. Организовать работу дымососов от АГ – 12, а в ночное время – освещение места пожара.
8. Создать резерв звеньев ГДЗС, кислородных и воздушных баллонов, ПТВ, рукавов.

9. Определить место для расположения резервной техники.
10. Прибывшую пожарную технику, не задействованную в тушении пожара, установить в резерв, личный состав использовать по назначению.

РЕКОМЕНДАЦИИ ОТВЕТСТВЕННОМУ ЗА ТБ:

1. Проверить знания у ответственных за установку АКП и АЛ, эвакуацию людей.
2. Провести дополнительный инструктаж с личным составом по определению сигналов управления.
3. Вызвать «Скорую помощь» для возможного оказания мед. помощи пострадавшим.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пожарная безопасность является неотъемлемым элементом национальной безопасности Российской Федерации и служит необходимым условием стабильности существования, жизнедеятельности и прогрессивного развития социума.

Пожарная безопасность представляет собой состояние, противоположное пожароопасному.

Пожарной опасности как виду опасного состояния свойственно наличие двух критериев: потенциальной и реальной угрозы причинения ущерба объектам обеспечения пожарной безопасности поражающими факторами пожаров.

Обеспечение пожарной безопасности является составной частью социального процесса обеспечения национальной безопасности и представляет собой совокупность общественных отношений, складывающихся в связи с разработкой и реализацией мероприятий по созданию и поддержанию условий, при которых объективно отсутствуют или исключаются причины, порождающие неконтролируемое горение, либо, в случае возникновения последнего, ликвидируется негативное проявление присущих ему поражающих факторов и прекращается причинение ими ущерба окружающей среде, интересам личности, коллективов, общества и государства.

В данной диссертационной работе проведен анализ и дана оценка противопожарного состояния технологического процесса вакуумно-сушильного шкафа цеха №17 ООО «Тольяттинский трансформатор».

Разработана система пожаротушения на выбранном объекте. Спроектирован внутренний противопожарный водопровод для нужд пожаротушения. Произведены расчет сил и средств необходимые для тушения возможного пожара. Разработаны мероприятия позволяющие быстро и эффективно осуществить расстановку сил и средств для тушения возможного пожара.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

КНИГИ

ОДНОТОМНЫЕ ИЗДАНИЯ

Ильин Н. А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1979.-128 с.,ил.

Иванников В. П., Ключ П. П. Справочник руководителя тушения пожара.- М.: Стройиздат, 1987.-288 с.

Иванов С. П., Курбатов Б. Е. Расчет средств пенного тушения. – М.: Стройиздат, 1985.-220 с., ил.

Иванов А. Ф., Алексеев П. П., Безбородько М. Д., Максимов Б. А., Минаев Н. А., Степанов К. Н. Пожарные автомобили - М.: Стройиздат, 1988.-286 с.: ил.

Качалов А. А., Воротынцев Ю. П., Власов А. В. Противопожарное водоснабжение: Учеб. для пожарно-техн. училищ.- М.: Стройиздат, 1985.-286 с., ил.

Повзик Я. С. Пожарная тактика: М.: ЗАО «Спецтехника», 1999,-416 с.

Повзик Я. С., Некрасов В. Б., Тербнев В. В. Пожарная тактика в примерах. – М.: Стройиздат, 1992.-208 с.

Сучков В. П. Пожарная безопасность при хранении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на промышленных предприятиях.– М.:Стройиздат, 1985–96с., ил.

Воротынцев Ю. П., Малахов Б. Н. Инспектору госпожнадзора о противопожарном водоснабжении. – М.: Стройиздат, 1987. -80 с., ил.

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М: 1990.

- СНиП 2.04.01-85** Внутренний водопровод и канализация. – М., 1996.
- СНиП 2.04.02-84** Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М., 1985.
- СП 12.13130.2009** Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
- ГОСТ 12.1.004 91** Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Издательство стандартов, 1996. - 88с.
- ГОСТ 12.1.033 81** Пожарная безопасность. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1981. - 11с.
- СТ СЭВ 383 87** Пожарная безопасность в строительстве. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1988. 8с. С. 2.
- ГОСТ Р 12.2.143-2009** ССБТ. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля. Введен в действие: Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июля 2009 г. N 260-ст

НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

- ПРИКАЗ МВД РФ от 23.11.98 N 769** "Об утверждении правил разработки и введения в действие нормативных документов по пожарной безопасности
- Конституция Российской Федерации.** М.: "Юридическая литература", 1993. 96с.
- Закон РФ от 5 марта 1992 г. N 2446-1 "О безопасности"** Опубликовано: Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации, 1992. № 15. Ст. 769.
- Закон Российской Федерации от 10.06.93г № 5154-1 "О стандартизации".** Опубликовано: Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации. 1993, № 25. Ст. 917

Закон РФ от 10 июня 1993 г. N 5151-1 "О сертификации продукции и услуг" Опубликовано: Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации 1993, N 26, СТ.966

Федеральный Закон № 68 от 21.12.94г. "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера". Собрание законодательства Российской Федерации. 1994. № 35. Ст. 3684

Федеральный закон № 69 от 21.12.94г. "О пожарной безопасности" Собрание законодательства Российской Федерации. 1994. № 35. Ст. 3649

Федеральный закон от 9 января 1996 г. N 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения" Принят Государственной Думой 5 декабря 1995 года

Гражданский кодекс Российской Федерации. М.: "Проспект", 1997. 400с

Постановление Правительства РФ от 5 ноября 1995 г. N 1113 "О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций"

ДИССЕРТАЦИИ

Гольцов В. Б. Гражданско-правовые проблемы в деятельности подразделений пожарной охраны. Диссертация на соиск. уч. степ, к.ю.н. (12.00.03). СПб.: Санкт-Петербургский Юридический институт МВД России, 1996. 204с.

Пеньковский Е.В. Безопасность техногенных объектов (теоретический и организационно-правовой аспект). Диссертация на соиск. уч. степ, к.ю.н. (12.00.02). СПб.: Санкт-Петербургская Академия МВД России, 1998. 197с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

EN 54-14 : 1996 [Электронный ресурс] Системы пожарной сигнализации
Часть 14: Требования к планированию, проектированию, монтажу, эксплуатации и

техническому обслуживанию. Европейский стандарт http://fpb-spb.ru/wp-content/uploads/2015/11/EN_54-14.pdf

Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. N 390

[Электронный ресурс] "О противопожарном режиме"

<http://base.garant.ru/70170244/>

Требования предъявляемые к современным трансформаторам

[Электронный ресурс] [http://forca.com.ua/transformatori/statti/trebovaniya-](http://forca.com.ua/transformatori/statti/trebovaniya-predyavlyaemye-k-sovremennym-silovym-transformatoram.html)

[predyavlyaemye-k-sovremennym-silovym-transformatoram.html](http://forca.com.ua/transformatori/statti/trebovaniya-predyavlyaemye-k-sovremennym-silovym-transformatoram.html)