

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, и <i>современных</i> методов.

P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 124 с., 32 рис., 25 табл. 56 источников, 3 прил.

Ключевые слова: тонкораспыленная вода, пожар, интенсивность орошения, размер капель, автоматизированная система управления пожаротушением, нефтеперекачивающая станция.

Объектом автоматизации является система пожаротушения насосного парка на НПС.

Цель работы – оценка эффективности тушения возгораний легковоспламеняющейся жидкости тонкораспыленной водой и разработка автоматизированной системы управления пожаротушения (АСУ ПТ) на базе микропроцессорных средств автоматизации.

В процессе выполнения работы был проведен анализ современных методов и средств тушения пожаров, выполнялись экспериментальные исследования, анализ объекта автоматизации, составление структурной схемы АСУ ПТ, разработана функциональная схема, электрическая принципиальная схема соединений, общий вид щита АСУ ПТ, выбраны приборы и технические средства автоматизации с последующим составлением заказной спецификации, а также выполнена мнемосхема для управления системой с АРМ оператора.

В результате, с учетом технических требований, регламентированных нормативными документами и выдвинутыми исходя из результатов научно-исследовательской работы, была разработана автоматизированная система управления пожаротушением на основе программируемого логического контроллера.

Целесообразность установки такой системы подтверждает то, что сумма затрат на восстановление нефтеперекачивающей станции в случае пожара превышает материальные затраты на установку системы пожаротушения почти в 6 раз.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АРМ – автоматизированное рабочее место оператора;

АСУ ПТ – автоматизированная система управления пожаротушением;

ГРЭС – государственная районная электрическая станция;

ИК – инфракрасный;

КИП – контрольно-измерительные приборы

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость;

НПС – нефтеперекачивающая станция;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

СА – средства автоматизации;

ТРВ – тонкораспыленная вода;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

УГП – установка газового пожаротушения;

УФ – ультрафиолет;

PIV – Particle Image Velocimetry;

SP – Shadow Photography;

R_d – размер (радиус капли);

K_p – коэффициент передачи ПИ-регулятора;

T_i – время интегрирования;

Ψ – степень затухания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1 Анализ современных методов пожаротушения на нефтяных предприятиях.....	13
2 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА	20
2.1 Разработка экспериментального стенда и методик исследования.....	20
3 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	34
4 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ	38
4.1 Структура АСУ ПТ.....	38
4.2 Требования к техническим средствам АСУ ПТ.....	40
5 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ.....	42
5.1 Разработка функциональной схемы.....	42
5.2 Выбор оборудования нижнего уровня.....	46
5.2.1 Выбор датчика температуры	46
5.2.2 Выбор датчика уровня.....	48
5.2.3 Выбор датчика давления	50
5.2.4 Выбор пожарного извещателя пламени	53
5.2.5 Выбор оптического дымового извещателя	55
5.2.6 Выбор ручного пожарного извещателя	57
5.2.7 Выбор световой сигнальной аппаратуры	58
5.2.8 Выбор звуковой сигнальной аппаратуры.....	59
5.2.9 Выбор резервуара с противопожарным запасом воды.....	59
5.2.10 Выбор пожарных насосов	60
5.2.11 Выбор составляющих узла управления.....	62
5.2.12 Выбор распылительных устройств	64
5.3 Выбор оборудования среднего уровня	65
5.3.1 Выбор программируемого логического контроллера.....	65
5.4 Составление заказной спецификации	68
6 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ.....	70

7 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОБЩЕГО ВИДА ЩИТА.....	73
8 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА.....	75
8.1 Идентификация объекта управления.....	75
8.2 Расчет параметров настройки регулятора.....	78
9 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	85
9.1 Формирование плана и графика проведения работ по разработке НИИ..	85
9.2 Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения НИИ	88
9.3 Смета затрат на оборудование и монтажные работы	92
9.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), экономической эффективности исследования.....	93
10 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	96
10.1 Производственная безопасность.....	98
10.2 Экологическая безопасность	102
10.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях.....	103
10.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..	105
10.5 Заключение по разделу «Социальная ответственность»	106
11 РАЗРАБОТКА МНЕМОСХЕМЫ	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
Список использованных источников.....	113
Приложение А.....	119
Приложение Б	122
Приложение В.....	124

Графический материал:	На отдельных листах
ФЮРА.4221000.022 С1	Схема структурная
ФЮРА.4221000.022 С2	Схема функциональная
ФЮРА.4221000.022 Э3	Схема принципиальная электрическая соединений
ФЮРА.4221000.022 ВО	Общий вид щита АСУ ПТ

ВВЕДЕНИЕ

С пожарами как реальной угрозой человечество столкнулось ещё на ранних этапах развития цивилизации. Но и в настоящее время они являются одной из основных опасностей, унося ежегодно десятки тысяч человеческих жизней, оставляя миллионы людей без крова, причиняя миллиардные ущербы мировой экономике, в развитых странах ежегодные материальные потери от пожаров и затраты на борьбу с ними составляют не менее 1% валового национального продукта [1].

В настоящее время на территории России расположены более 600 насосных станций по перекачке нефти. Каждый такой объект относится к наиболее пожаровзрывоопасному классу. Вероятность возникновения пожаров на объектах нефтяной отрасли обусловлена высокой пожароопасностью используемых материалов и веществ (например, нефть и нефтепродукты), а также технологического оборудования. Неоперативное тушение пожаров на таких объектах приводит не только к огромному материальному ущербу, угрозе безопасности работающего персонала, но и к нарушению экологии на близлежащей территории, так как при возгорании нефти выделяются такие вредные вещества как формальдегид, этановая кислота, диоксиды серы и углерода и другие [2]. Самым распространенным путем снижения возникающих рисков возникновения пожаров является оснащение предприятий современными автоматизированными системами пожаротушения.

Анализ крупных аварий на предприятиях показывает, что при взрывах больших объемов парогазовых выбросов разрушению подвергаются не только здания и сооружения самих производственных объектов, но и близлежащих жилых массивов. Также создаются значительные трудности для локализации аварий, а традиционные технические средства противопожарной службы по их предупреждению оказываются малоэффективными.

Наиболее пожаровзрывоопасным является хранение углеводородов. За 20 лет в России на наземных резервуарах типа РВС произошло 93,3% пожаров и аварий. Пожары, по виду хранимых продуктов, распределяются:

- 53,8% - на резервуарах с бензином;
- 32,4% резервуары с сырой нефтью;
- 13,8% - на резервуарах с другими нефтепродуктами.

Чаще всего пожары происходят на распределительных нефтебазах – 48,3%, резервуары на НПС – 27,7%, на нефтепромыслах – 14%, на резервуарах нефтепроводов – 10%.

Установлено, что основными источниками зажигания, от которых возникают пожары, являются: огневые и ремонтные работы (23,5%), искры электроустановок (14,7%), проявления атмосферного электричества (9,2%), разряды статистического электричества (9,7%), большая часть всех пожаров на резервуарах (42,2%) происходит от самовозгорания пиррофорных отложений, неосторожного обращения с огнем, поджогов и других источников зажигания. Доля пожаров от перечисленных источников зажигания, существенно различается по отраслям промышленности.

В области пожарной безопасности на объектах разработана специализированная, действующая в настоящее время, нормативная база, которая регламентирует применение автоматизированных систем пожаротушения касательно определения типов объектов для их обязательного применения, а также в области выбора конкретных видов тушащих веществ и технологий их подачи [3-5].

Поэтому, все большую актуальность приобретают вопросы технического оснащения пожарных подразделений, а также методы тушения.

Тушение возгораний нефти, как правило, производится воздушно-механической пеной средней или низкой кратности. Такой способ тушения наиболее эффективен так как плотность пены меньше, чем плотность нефти, поэтому воздушно-механическая пена покрывает площадь разлива горючей жидкости, тем самым перекрывая доступ кислорода к пламени. Различают

способ тушения подачей низкократной пленкообразующей пены сверху на поверхность нефти или нефтепродукта, способ подслоного тушения пожаров, а также комбинированный способ [6]. Для получения воздушно-механической пены используют воду и пенообразователи в процентном соотношении 94 и 6 соответственно. Необходимыми техническими средствами такого способа пожаротушения выступают дорогостоящие пеногенераторы и пенопроводы, поэтому резко возрастает стоимость системы автоматизированного пожаротушения.

В последнее время можно отметить тенденцию интенсивного развития научно-технических основ технологии пожаротушения с помощью тонкораспыленной воды (ТРВ), водяного тумана и др. [7-8]. Вода является самым распространенным и дешевым средством борьбы с пожарами, что объясняется ее доступностью и высокой огнетушащей способностью. Однако, большой расход воды, невозможность объемного тушения и низкая применимость при тушении нефтепродуктов снижает потенциал воды в части подавления горения пожара с использованием традиционных водяных автоматизированных установок пожаротушения. В качестве решения данной проблемы в качестве альтернативы зачастую предлагается использование тонкораспыленной воды (ТРВ) – с размерами (радиусами) капель менее 0,5 мм.

Использование ТРВ является одним из способов повышения огнетушащей эффективности воды, а также позволяет достичь локализации и тушения очага возгорания в результате действия на пламя деструктурированного потока воды. Это приводит к охлаждению зоны горения и одновременному парообразованию [9-10].

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Анализ современных методов пожаротушения на нефтяных предприятиях

Насосные для перекачки нефти имеют повышенную пожарную опасность, так как из работающих насосов при нарушении герметичности уплотнений, при повреждении выкидной линии насоса или разрушении его деталей возможны утечки нефти, при этом большое количество горючих веществ выходит наружу и образует газоопасную концентрацию. Причинами повреждений насосов и их обвязки являются гидравлические удары и вибрация. Значительная пожарная опасность возникает в периоды остановки на ремонт. Таким образом в помещении насосной складываются условия для появления источников зажигания и для быстрого распространения пожара.

Теплота трения подшипников и сальников насосов и двигателей, высокая температура перекачиваемой жидкости (выше температуры вспышки), искры при разрядах статического электричества, неисправности вентиляторов или электрооборудования могут служить источниками зажигания в насосной [11].

Распространение пожара обычно происходит по поверхности разлившихся горючих жидкостей, по образовавшемуся паро-газовоздушному облаку через дверные, оконные и технологические проемы, по воздуховодам вентиляции, продуктопроводам, освобожденным от продукта (до их продувки), трубопроводам промышленной канализации и т.д.

Для обеспечения пожарной безопасности на нефтеперекачивающих станциях устанавливают автоматизированные системы управления пожаротушением (АСУ ПТ), предназначенные для тушения или локализации пожара. Такие установки классифицируют по их назначению, виду огнетушащего вещества, способу пуска, инерционности, режиму работы, принципу действия и конструктивному исполнению.

Существует классификация автоматизированных установок пожаротушения по используемому огнетушащему веществу:

- системы порошкового пожаротушения (порошки специального химического состава);
- системы газового пожаротушения (аргон, CO₂, азот, фреон и др.);
- системы аэрозольного пожаротушения (мелкодисперсные частицы);
- системы пенного (вода с пенообразователями);
- системы водяного пожаротушения:
- спринклерное и дренчерное;
- тонкораспыленной водой.

Основными принципами прекращения горения, которые положены в основу любого способа тушения являются: охлаждение очага горения, ингибирование скорости химических реакций, срыв пламени, изоляция очага горения от воздуха.

В таблице 1 приведены области применения для каждого типа АСУ ПТ [12].

Несмотря на наличие большого количества систем предупреждения и ликвидации пожаров, большинство технологий оказываются малоэффективными. Не существует универсального средства или метода тушения пожаров. Причиной этому является то, что каждый распространенный метод пожаротушения имеет эффективную область применения [13].

Таблица 1 – Области применения систем автоматизированного пожаротушения

Вид пожаротушения	Область применения	Противопоказания
Газовое	Помещения электроснабжения; возгорания генераторов на ТЭЦ или ГРЭС (с водородным типом охлаждения); цеха по производству легкогорючих материалов; транспорт дальнего следования; библиотеки; музеи; склады	Помещения, из которых невозможна эвакуация персонала; возгорания материалов, способных гореть без доступа кислорода
Порошковое	Административно-бытовые, инженерно-технические помещения, в т.ч. склады ГСМ, электрооборудование до 5кВт, кроме садов и больниц	Сады; больницы; помещения, оборудованные противодымной вентиляцией
Аэрозольное	Не обслуживаемые помещения без присутствия персонала; энергетические помещения	Возгорания материалов, способных гореть без доступа кислорода или при ограниченных запасах кислорода
Пенное	Химические и нефтехимические предприятия; хранилища нефти; склады древесины; ангары техники	Электрооборудование; архивы и т.д.
Водяное (спринклерное и дренчерное)	Офисные помещения; госучреждения; рабочие отделы промышленных зон и т.п.	Музеи; склады; ангары техники; промышленные объекты, работающие с углем, железом, карбидами металлов и другими соединениями
Тонкораспыленной водой	Помещения с ЛВЖ; электроустановки под напряжением; музеи; галереи; пожары классов А и В	Промышленные объекты, работающие с углем, железом, карбидами металлов и другими соединениями

Одним из способов борьбы с пожарами является применение огнетушащих порошков и соответствующие им порошковые технические средства. Такие порошки представляют собой мелко измельченные минеральные соли (аммонийные соли фосфорной кислоты, карбонаты и бикарбонаты калия, натрия). Эффект пожаротушения порошковыми составами заключается в том, что при их выделении, с помощью порошка образуется пылевоздушная смесь, медленно оседающая вниз, тем самым она ограничивает доступ кислорода к пламени [14].

Такой способ имеет ряд следующих преимуществ, по сравнению с другими [15-17]:

- отсутствие токсичности;
- достаточно высокая огнетушащая способность;
- применение в диапазоне температур от -50 до +60 °С;
- простота конструкции и дешевизна;
- разнообразие способов тушения (подавление взрыва, флегментация).

Однако, системы порошкового пожаротушения имеют ряд недостатков, таких как: снижение видимости, затруднение дыхания людей, слабая проникающая способность порошка, химические реакции с металлическими поверхностями.

В настоящее время широкое распространение получили твердотопливные аэрозолеобразующие огнетушащие составы (АОС) и разработанные на их основе установки аэрозольного пожаротушения [18].

В основе этого способа пожаротушения лежит химический процесс подавления в зоне пламенного горения цепных реакций. Аэрозоль состоит из высокодисперсных твердых частиц (<10 мкм) и инертных газов [19]. На пламя основное огнетушащее действие производят твердые частицы аэрозоля, легко разлагающиеся в реакции с кислородом, а негорючий инертный газ частично вытесняет кислород в помещении, что способствует снижению интенсивности горения. Так же происходит охлаждение зоны возгорания из-за поглощения тепла аэрозолем.

Преимущества данного способа [20]:

- возможность применения для защиты электрооборудования под напряжением и неотапливаемых помещений;
- легкое удаление осевшего аэрозоля с поверхности, следовательно, отсутствие причинения вреда защищаемому объекту;
- наибольшая огнетушащая способность в сравнении с другими способами объемного пожаротушения.

Самым главным недостатком системы аэрозольного пожаротушения является высокая температура аэрозоля, которая доходит до 400 °С. Исходя из этого исключается применение аэрозоля с легкоплавкими и горючими материалами [21].

Установки газового пожаротушения (УГП) относятся к объемному способу пожаротушения. Они находят широкое применение для пожарной защиты от пожара в помещениях с технологическим оборудованием (серверные, архивы, хранилища ценностей) так как огнетушащее вещество, применяемое в данном способе, не причиняет вреда защищаемому объекту [22].

УГП применяют, в основном, для тушения электрооборудования, а также различных жидких и твердых горючих веществ, плавящихся материалов.

Принцип действия газового пожаротушения основан на разбавлении воздуха инертным газом, и, тем самым, снижение концентрации кислорода до уровня, при котором горение невозможно. Огнетушащий эффект этого способа заключается в уменьшении удельной теплоты реакции горения посредством расхода теплоты на нагревание инертного газа.

Достоинства системы газового пожаротушения [13]:

- тушение очага возгорания в труднодоступных местах;
- отсутствие вреда защищаемому объекту;
- возможность применения для защиты электрооборудования под напряжением.

Недостатками таких систем являются, во-первых, высокая токсичность применяемых огнетушащих газов, а значит необходимо предварительно эвакуировать всех людей из зоны тушения. Во-вторых, наибольшая эффективность пожаротушения достигается в помещениях с высокими параметрами герметизации, так как постоянный приток кислорода будет идти на поддержание процесса горения.

Системы пенного пожаротушения используются на объектах, где велика вероятность возгорания легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей в резервуарах, а также нефти и нефтепродуктов, хранящихся внутри или вне помещений [18]. Преимуществом этого способа является то, что пена обладает меньшим удельным весом, чем любая жидкость, которая может воспламениться. За счет этого, пена покрывает поверхность горящей жидкости, то есть перекрывает доступ кислорода к пламени, что позволяет подавить процесс горения.

В настоящее время в области пожаротушения разрабатываются новые пенообразующие составы [23-25]. Но из-за таких недостатков систем пенного пожаротушения как высокая стоимость оборудования, сложность утилизации отходов после работы системы, а также часто невосполнимый ущерб защищаемому объекту, следует обратить внимание на перспективы применения систем водяного пожаротушения. Самой современной и перспективной модификацией водяного пожаротушения является применение тонкораспыленной воды [26-27]. Пожаротушение с помощью ТРВ, в сравнении с традиционными установками водяного пожаротушения (спринклерные и дренчерные системы), имеет ряд преимуществ [28]:

- безопасность для людей и материальных ценностей;
- невысокая стоимость;
- высокая дымоосаждающая способность;
- простота монтажа и эксплуатации;
- возможность тушения горящей ЛВЖ.

Эти достоинства обеспечиваются особой огнетушащей способностью тонкораспыленной воды. Её особенность заключается в физико-химических процессах, происходящих при взаимодействии капель тонкораспыленного капельного потока с пламенем горящей ЛВЖ. За счет активного испарения ТРВ, в помещении, происходит вытеснение кислорода из зоны горения, тем самым снижается интенсивность горения. Также при испарении происходит охлаждение поверхностей, а как следствие снижение температуры в

помещении, что способствует уменьшению вредоносного воздействия пожара. В отличие от тушения с применением спринклерных и дренчарных установок, испарение капель ТРВ позволяет воде почти не осаждаться на поверхности разлитой горячей ЛВЖ, а после чего, из-за разности плотностей, не перемешиваться с горючей жидкостью. Благодаря этому свойству, возникает возможность применения установок пожаротушения с ТРВ при ликвидации пожаров легковоспламеняющихся жидкостей. Однако, прежде чем создать систему пожаротушения на базе ТРВ необходимо проведение натурных (лабораторных) исследований по тушению очагов возгорания типичных ЛВЖ (в том числе продуктов нефтепереработки) тонкораспыленным водяным потоком. В ходе исследований необходимо выявить особенности тушения ЛВЖ тонкораспыленной водой, прежде всего эффективные параметры подачи ТРВ в очаг горения – начальные размеры и скорости движения капель, их объемную концентрацию в зоне горения. Используя полученные результаты можно будет проектировать и разрабатывать системы пожаротушения, используя упомянутую технологию.

Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда:

1 – рабочая станция (персональный компьютер – ПК); 2 – высокоскоростная видеокамера; 3 – регистратор многоканальный технологический (РМТ); 4 – термопары типа К; 5 – цифровой измеритель температуры в комплекте с термопарами типа L; 6, 7 – кросскорреляционные видеокамеры; 8 – лазер импульсный двойной Nd:YAG; 9 – генератор излучения; 10 – синхронизатор лазера, кросскорреляционной камеры и ПК; 11 – делитель лазерного луча; 12 – оптический световод; 13 – диффузный экран; 14 – емкость с жидкостью; 15 – запорный вентиль; 16 – канал подачи жидкости; 17 – распылительные форсунки; 18 – каретки для закрепления форсунок; 19 – тросы; 20 – роликовые блоки; 21 – моторизированные координатные механизмы; 22 – блоки питания координатных механизмов; 23 – резервуар; 24 – подложка с горючей жидкостью; 25 – нагнетательная система; 26 – пульт включения/выключения нагнетательной системы; 27 – металлический каркас стенда, 28 – нагревательная камера

Для создания потока распыленной жидкости использовалось несколько различных видов распылительных форсунок 17, генерирующих полидисперсные капельные потоки. Размеры (радиусы) генерируемых форсунками капель жидкости варьировались в широком диапазоне: $R_d=0,01-0,35$ мм.

Высота закрепления распылительных форсунок 17 (h_p) относительно дна резервуара 23 регулировалась вручную (посредством резьбового соединения с применением нескольких вертикально установленных шпилек) в диапазоне 0,1-1,2 м.

Для подачи воды на распылительные форсунки применялась система, состоящая из баллона 14 с тушащей жидкостью под давлением ($P=50-300$ кПа), запорного вентиля 15 и термостойкого канала 16 для подачи жидкости.

В качестве тушащего состава для ликвидации процесса горения используемых горючих жидкостей применялись дистиллированная вода (ГОСТ 6709-72).

Для создания модельных очагов возгорания класса «В» применялись специальные металлические подложки 24 разных размеров (диаметров): $d_f=0,05-0,25$ м. Подложки непосредственно перед проведением эксперимента наполнялись горючей жидкостью (объем горючей жидкости выбирался таким образом, чтобы уровень последней в подложке составлял 2-3 мм).

В качестве горючих жидкостей для создания модельного очага использовалось несколько типов широко распространённых жидких горючих веществ:

- этиловый спирт (ГОСТ Р 52574-2006);
- ацетон (диметилкетон, ГОСТ 2768-84);
- сырая нефть (Восточно-Уренгойское месторождение, $\rho \approx 847$ кг/м³).

Весь цикл экспериментов можно разделить на два этапа.

На первом этапе регистрировались времена полного прогорания горючих жидкостей (t_b) при отсутствии процесса тушения. Для каждого значения d_f модельного очага (подложки) 24 проводилось не менее 10 экспериментов. Выполнялась следующая последовательность действий:

- подложка 24 наполнялась используемой горючей жидкостью, после чего устанавливалась внутрь резервуара 23;
- проводился запуск видеосъемки процесса горения с применением высокоскоростной видеокамеры 2;
- осуществлялось зажигание модельного очага возгорания;
- после полного прогорания (затухания) горючей жидкости в подложке 24 процесс видеосъемки прекращался, а отснятая видеозапись сохранялась на рабочей станции 1, где определялось значение времени t_b .

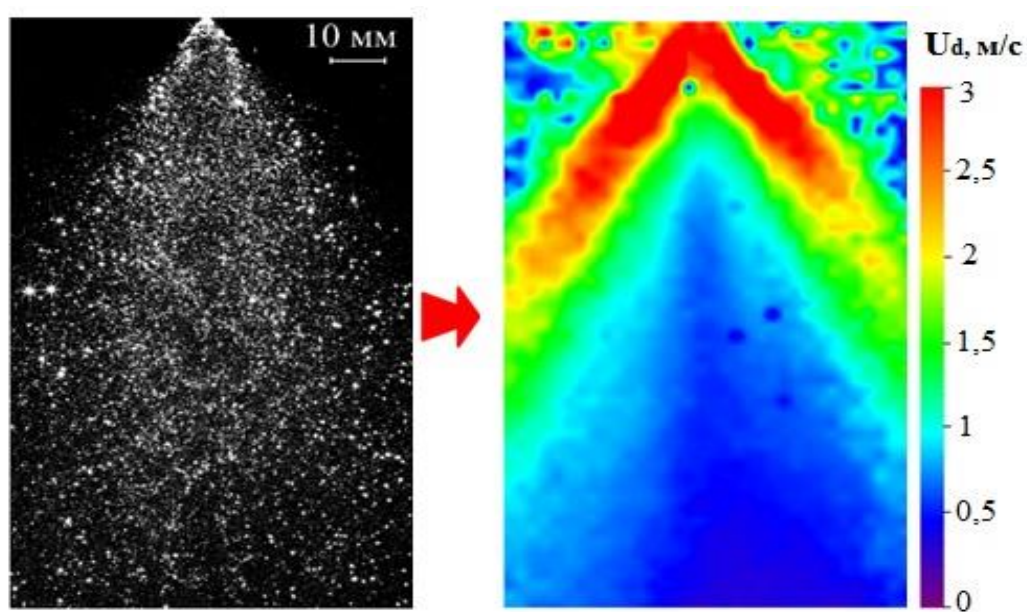
На втором этапе проводились экспериментальные исследования по определению времен тушения модельного очага возгорания (t_e) при воздействии на него тонкодисперсным капельным потоком. Варьировались размеры капель (R_d) в потоке тушащей жидкости и начальная температура капель (T_w). Для каждого значения R_d и T_w проводилось от 15 до 20 экспериментов.

Для определения и контроля параметров распыла (размеров и скоростей генерируемых форсунками капель, а также формы факела распыла) используемый стенд оснащался комплектом устройств для реализации измерений посредством панорамных оптических методов диагностики потоков «Particle Image Velocimetry» (PIV) [29] и «Shadow Photography» (SP) [30]. Их применение позволяло одновременно (не прибегая к дополнительным экспериментам) регистрировать скорости U_d и размеры R_d генерируемых капель. Используемая система диагностики потоков состояла из следующих основных компонентов:

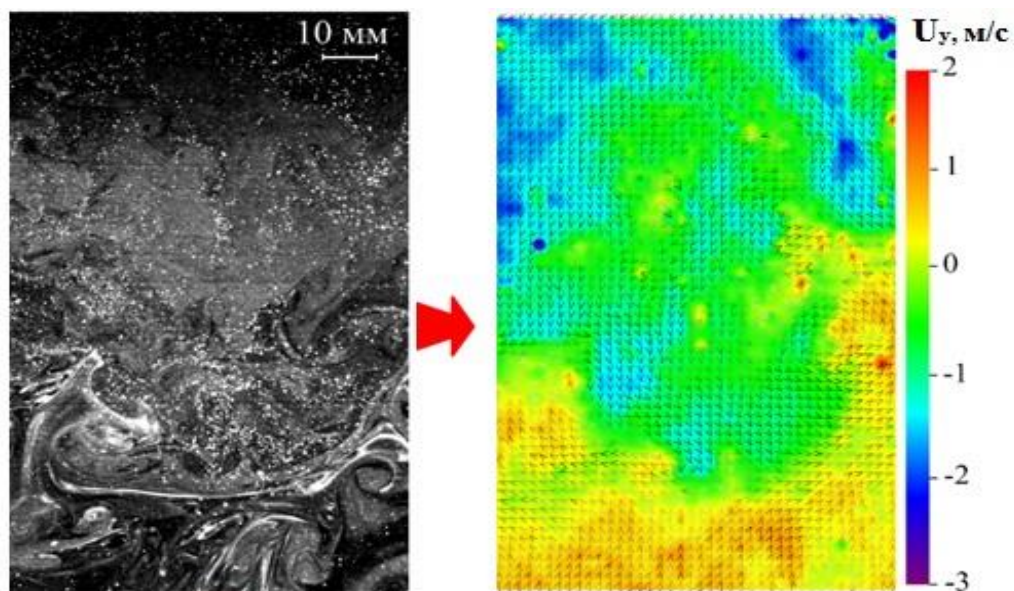
- две кросскорреляционные CCD видеокамеры «IMPERX IGV B2020M» 6, 7 (формат изображения – 2048×2048 пикселей, кадровая частота – не менее 1.5 Гц; минимальная задержка между двумя последовательными кадрами – 5 мкс);
- лазер импульсный двойной Nd:YAG «QUANTEL EverGreen 70» 8 с генератором излучения 9;
- синхронизирующий процессор 10 (дискретизация сигналов – не более 10 нс);
- диффузный экран 13 с закрепленным диффузором в комплекте с оптическим световодом 12;
- делитель лазерного излучения 11 с оптикой для формирования лазерного «ножа».

Скорости U_d регистрировались перед началом проведения эксперимента с использованием панорамного оптического метода «трассерной» визуализации потоков – PIV. Предварительно осуществлялась калибровка системы и фокусировка объектива CCD видеокамеры 6 в измерительной области конкретной распылительной форсунки 17. С применением специальных устройств (калибровочной мишени либо призмы) определялся масштабный коэффициент – S , мм/пикс.

Отснятые видеоизображения потока сохранялись на рабочую станцию 1, где подвергались последующей обработке с применением ряда программных фильтров (для устранения шумов) и специализированных итерационных алгоритмов расчета мгновенных скоростей. Для каждого изображения потока определялось перемещение капель за время между вспышками лазера, затем для одних и тех же регистрационных областей значения усреднялись. Вычислялись мгновенные скорости капельного потока. С применением масштабного коэффициента S осуществлялся пересчет значений скорости в м/с. Примеры изображений распыленного капельного потока, а также усредненные двухкомпонентные регулярные поля скоростей потока капель, полученные в результате обработки, приведены на рисунке 2.



a



б

Рисунок 2 – Видеограммы капельного потока при его генерации распылительной форсункой (а) и смешении с потоком высокотемпературных продуктов сгорания бензина (б); двухкомпонентные регулярные поля скоростей, полученные с применением метода PIV (U_d – абсолютная скорость капель; U_y – вертикальная составляющая скорости U_d)

При оценке размеров R_d использовался панорамный оптический метод теневой фотографии – SP. Для его реализации применялась следующая схема. В верхней части экспериментального стенда (рисунок 1) за распыленным потоком устанавливался диффузный экран 13, соединенный с импульсным Nd:YAG лазером 8 посредством оптического световода 12. Напротив диффузного экрана размещалась CCD видеокамера 7 с установленным макрообъективом. Генерируемый форсунками 17 капельный поток проходил строго между диффузным экраном 13 и объективом CCD видеокамеры 7. Для получения необходимой контрастности теневых изображений, достаточной для последующей идентификации образов капель на видеограммах, регулировалась мощность излучения каждого модулятора Nd:YAG лазера 8. Выполнялась съемка потока капель (для каждого эксперимента фиксировалось не менее 200 фотокадров потока), полученные видеокадры

сохранялись на рабочей станции 1, где впоследствии обрабатывались, с помощью программных фильтров «Median», «Low pass» (для отсева шумов на изображениях) и «Laplace edge detection» (для выделения образов капель). Размеры и количество капель определялись с помощью алгоритма «Bubbles identification». Пример отснятых видеogramм потока тушащей жидкости, а также полученные после их обработки образы капель и соответствующие гистограммы с распределением размеров и количества капель, полученные при усреднении результатов 200 видеокадров, приведены на рисунке 3.

Систематические погрешности определения размеров R_d составили $7 \cdot 10^{-6}$ м, времен t_e и $t_b - 0.5$ с, объема $G_e - 5 \cdot 10^{-4}$ л. Максимальные случайные погрешности определения скоростей капель U_d составили 3,4 %.

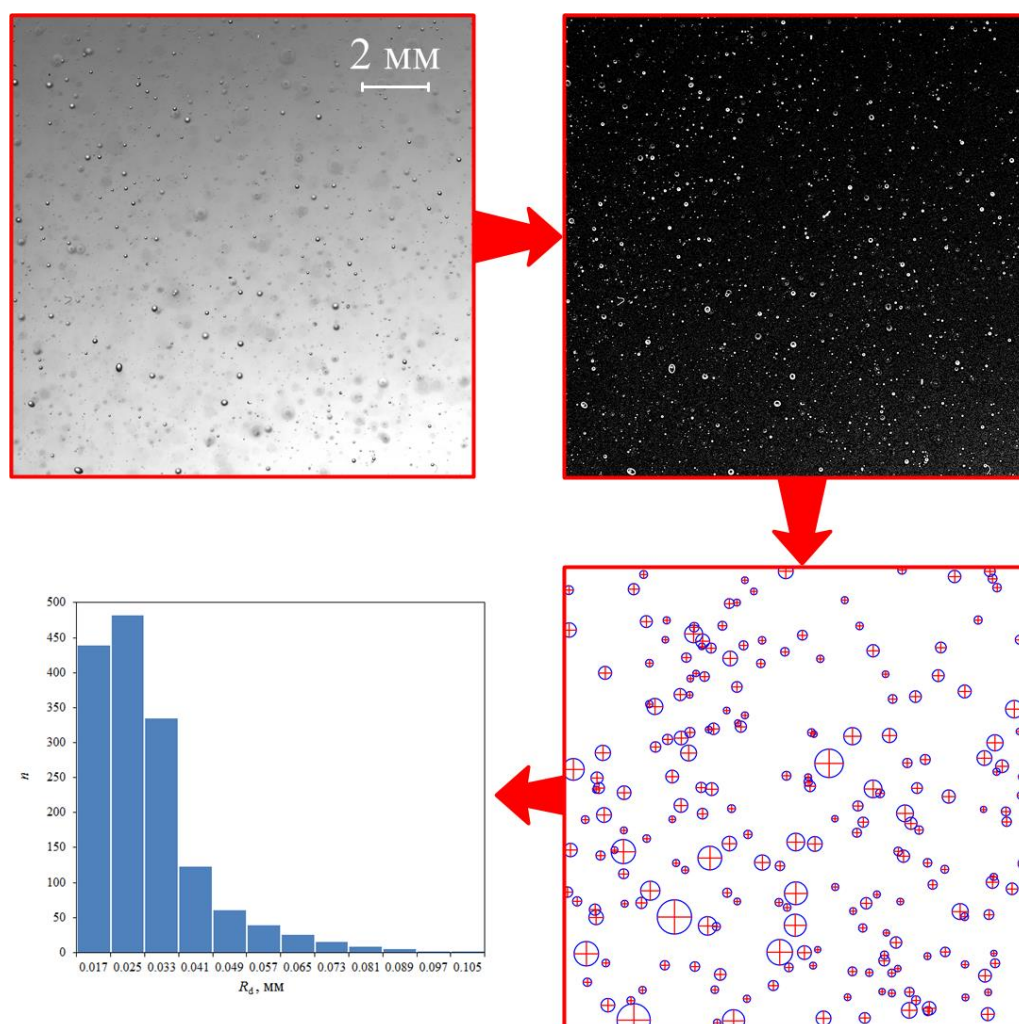


Рисунок 3 – Процесс обработки изображений потока капель, отснятых с применением метода SP

2.2 Результаты экспериментов

Целью проведенных экспериментов являлось определение оптимальной интенсивности орошения ТРВ и размера (радиуса) капель при условии минимального времени тушения и затраченного на тушение объема воды. Для этого проводились отдельные серии опытов по тушению возгорания легковоспламеняющейся жидкости (ацетон, спирт, сырая нефть) потоком тонкораспыленной воды различной дисперсности, а полученные результаты подвергались математическому анализу.

Процесс тушения фиксировался высокоскоростной цифровой видеокамерой Phantom V411 с частотой съемки 50 кадров в секунду. На рисунке 4 представлены фотокадры эксперимента по тушению модельного очага горения ацетона.



а



б



в



г

Рисунок 4 – Фото модельного очага до зажигания (*а*), спустя 3 с после зажигания (*б*), в процессе тушения (*в*), после завершения тушения (*г*)

После проведения серий экспериментов, в соответствии с описанной выше методикой, производился анализ полученных результатов, который заключался в усреднении результатов, построении графиков зависимостей (время тушения от интенсивности орошения, затраченный на тушение объем воды от интенсивности орошения), проведение процедур аппроксимации полученных экспериментальных точек, вычисление погрешности измерения.

Результирующий график, на котором показано расположение аппроксимирующих кривых в пространстве осей – время тушения t_e , объем воды на тушение V_e , удельная интенсивность орошения z представлен на рисунке 5.

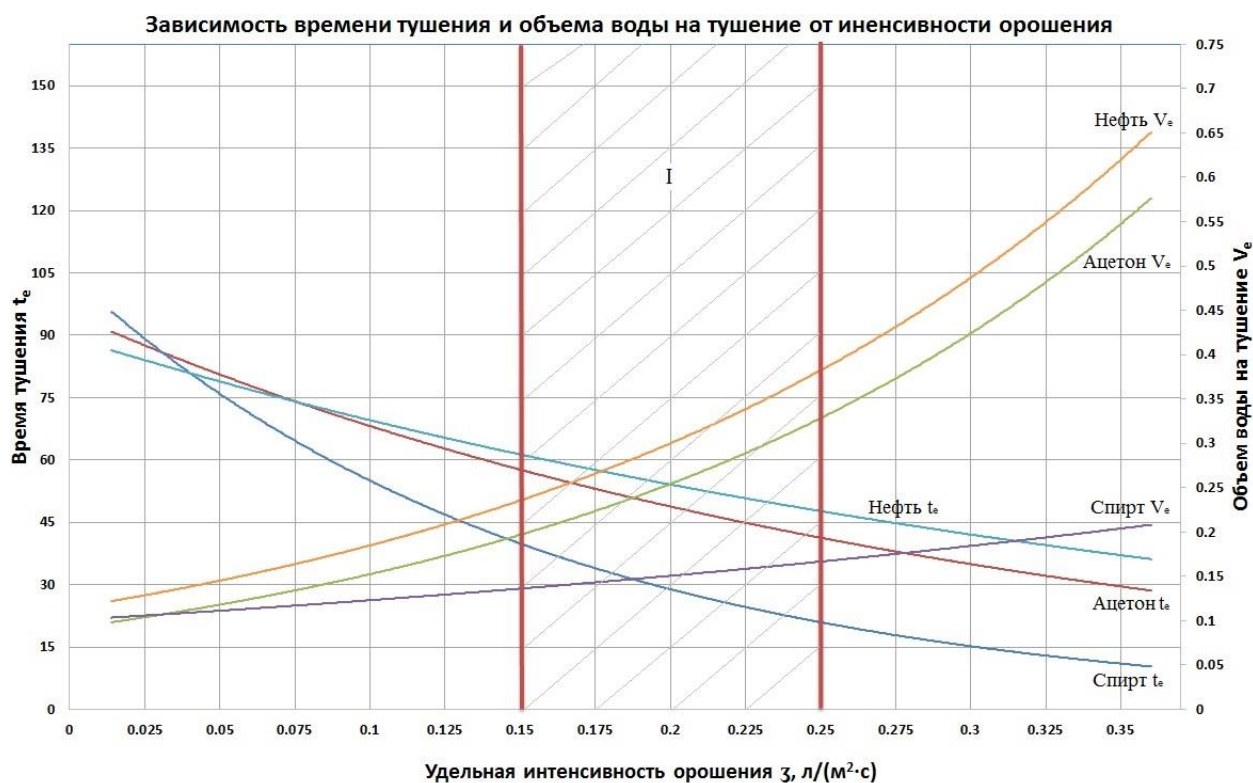


Рисунок 5 – График зависимости времени тушения (t_e) ЛВЖ и затраченного объема воды (V_e) на тушение от удельной интенсивности орошения

Из зависимостей на рисунке 5 видно, что чем больше интенсивность орошения (объема распыленной воды на единицу площади поверхности за единицу времени), тем меньше время тушения и больше затраченный на тушение объем воды. Следовательно, для более оперативного и экономичного тушения возгорания лучше всего выбрать такие значения интенсивности

орошения, которые лежат в области оптимальных значений (область I на рисунке 5). Таким образом, в качестве оптимального параметра можно рекомендовать поддержание интенсивности орошения на уровне $0,15 < z < 0,25 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}$.

Нормативными документами [31], интенсивность орошения водой при возгорании в помещении группы 4.2 не установлена. Это складывается из того, что применение воды при тушении ЛВЖ приводит к негативному огнетушащему эффекту. То есть, из-за разности плотностей (ЛВЖ легче чем вода) происходит смещение воды под слой горячей жидкости и дальнейшее ее растекание вследствие меньшей вязкости воды. Тем самым очаг горения может распространиться на большую площадь. Также эффективность тушения снижается за счет большого расхода воды на единицу площади пожара (более $0,5 \text{ м}^2$). Поэтому, для тушения возгорания в помещениях НПС предусматривается применение раствора пенообразователя. Достоинство такого огнетушащего средства заключается в том, что струи воды дробятся на мелкие частицы, этим достигается тонкое распыление воды. Но такой вид тушения имеет ряд затруднений, связанных с увеличением расхода материальных средств на покупку пенообразователя и специального оборудования для приготовления раствора. Также поверхностно активные вещества менее безопасны для здоровья человека чем чистая вода.

Применение ТРВ в качестве огнетушащего вещества позволяет избежать вышеописанных негативных эффектов от применения пенообразователей. Также, в ходе проведения экспериментов было проведено исследование по определению зависимости времени тушения ЛВЖ от удельной интенсивности орошения очага горения раствором пенообразователя. На рисунке 6 представлены полученные в ходе экспериментов зависимости.

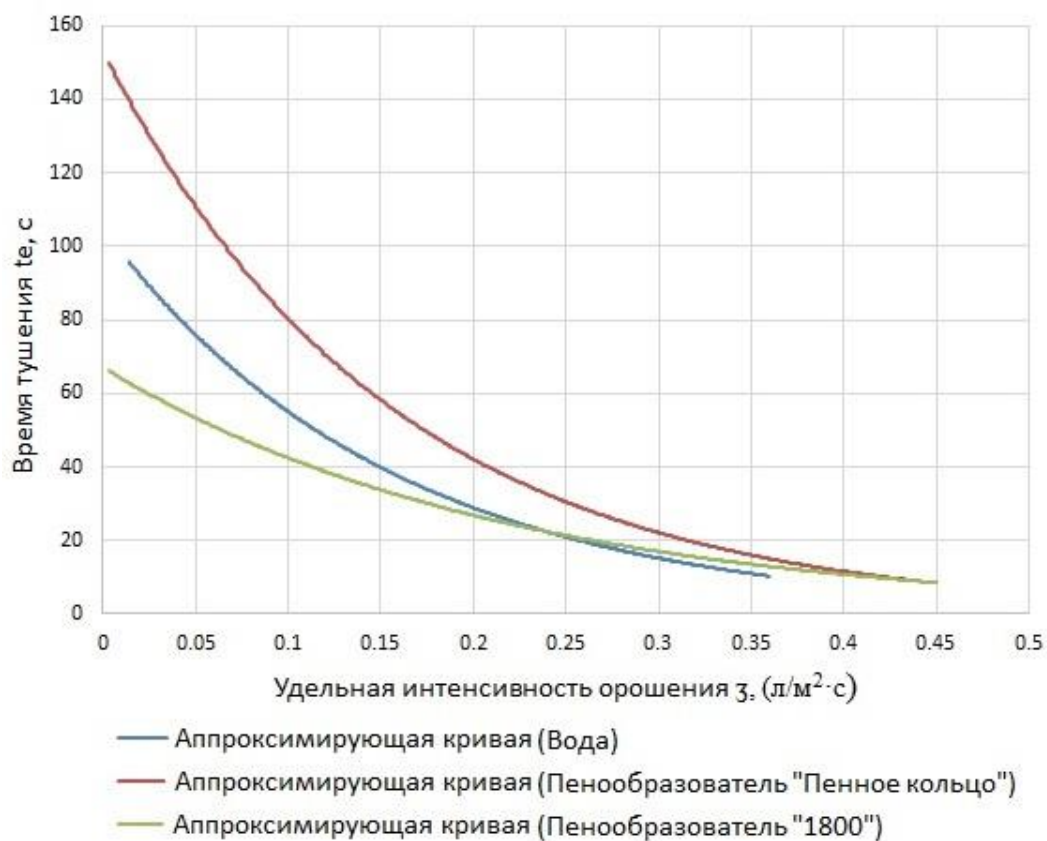


Рисунок 6 – Экспериментальная зависимость времени тушения t_e от удельной интенсивности орошения z огнетушащим веществом (для воды и двух различных растворов пенообразователей)

Как видно из рисунка 6, времена тушения очага возгорания ЛВЖ при удельной интенсивности орошения более 0,2 л/м²·с почти не отличаются (а по сравнению с временем тушения раствором пенообразователя «1800», время тушения ТРВ даже меньше). Значит, возникает возможность применения ТРВ в системах тушения возгораний ЛВЖ.

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что при рекомендуемой интенсивности орошения ТРВ можно достичь такого же огнетушащего эффекта, что и при применении раствора пенообразователя, но с большей экономичностью и безопасностью для здоровья людей. Такой эффект достигается прежде всего за счет того, что мелкие капли ТРВ практически в полном объеме испаряются, попав в зону горения. Таким образом применение ТРВ способствует охлаждению области горения за счет того, что значительная часть энергии пламени расходуется на испарения воды. Образовавшийся при

этом водяной пар интенсивно вытесняет окислитель из зоны пожара. Кроме того полное испарение воды практически на 100% предотвращает залив помещения и растекание пожара на большую (по сравнению с начальной) площадь.

Размер капель, используемых в ходе экспериментов для целей тушения ЛВЖ, определялся из практических результатов исследований по определению характеристик испарения капель воды в высокотемпературных продуктах сгорания типичных горючих жидкостей [32-34]. На рисунке 7 представлена зависимость параметра ΔR от начального размера капель R_d .

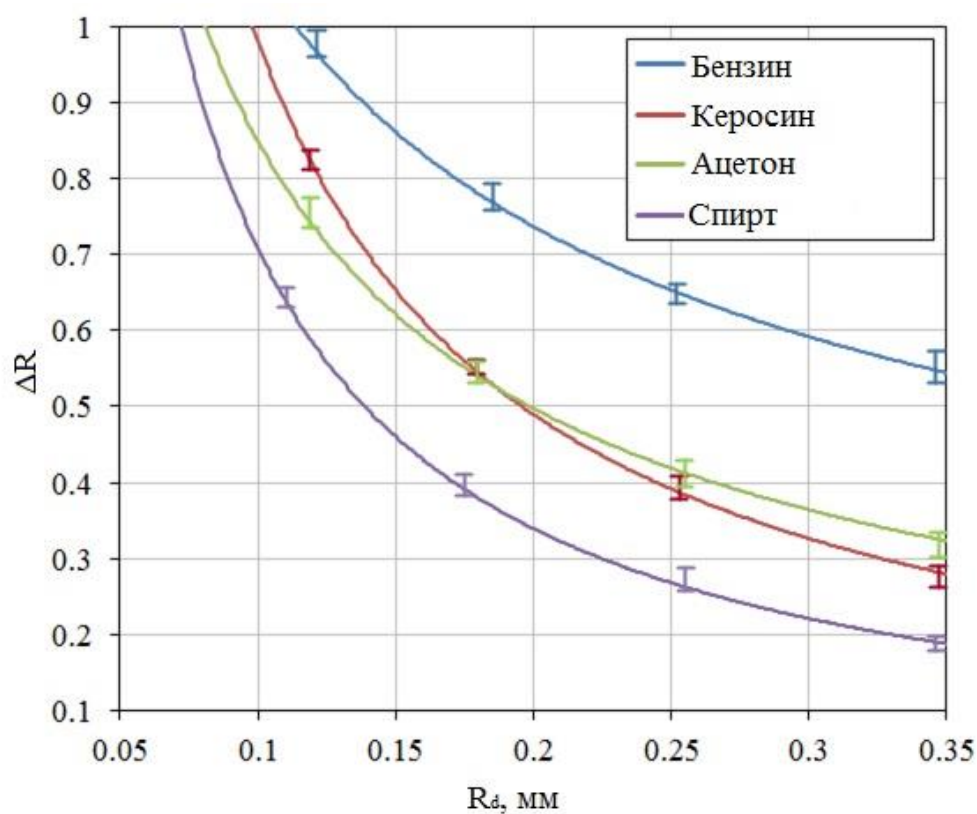


Рисунок 7 – Экспериментальные зависимости параметра ΔR от начального размера капель R_d капель распыленной воды при прохождении продуктов сгорания типичных нефтепродуктов [34]

В ходе проведения серии экспериментов при помощи панорамных оптических методов диагностики потоков SP и PIV регистрировались изображения капельного потока тонкораспыленной воды на входе рабочего канала (полого цилиндра высотой 1 метр, в котором происходило зажигание и

горение ЛВЖ) и на выходе из него. Параметр ΔR (рисунок 7) характеризует изменение размеров капель тонкораспыленной воды при прохождении тонкораспыленным потоком расстояния в 1 м через высокотемпературную газовую среду (при скорости движения капель $U_d=1$ м/с).

Выявлена зависимость влияния начальных размеров R_d на интенсивность испарения капель ТРВ в продуктах сгорания типичных горючих веществ. Из рисунка 7 видно, что чем крупнее капли в потоке, тем меньше интенсивность испарения ΔR , причем для керосина и ацетона линии зависимости параметра ΔR практически совпадают. Такая зависимость объясняется тем, что при испарении определяющую роль играет формирование вокруг интенсивно испаряющейся капли парового слоя, а также её инерционный прогрев (из-за чего снижается подводимый к капле тепловой поток). Чем капля крупнее, тем большую значимость вносят эти факторы в процесс парообразования.

Также в данной серии экспериментов проводилось исследование влияния начальной скорости капельного потока на интенсивность испарения ΔR [32-34]. Начальная скорость варьировалась от 1 до 2 м/с, начальный размер (радиус) капель составлял 0,25 мм. Полученная зависимость представлена на рисунке 8.

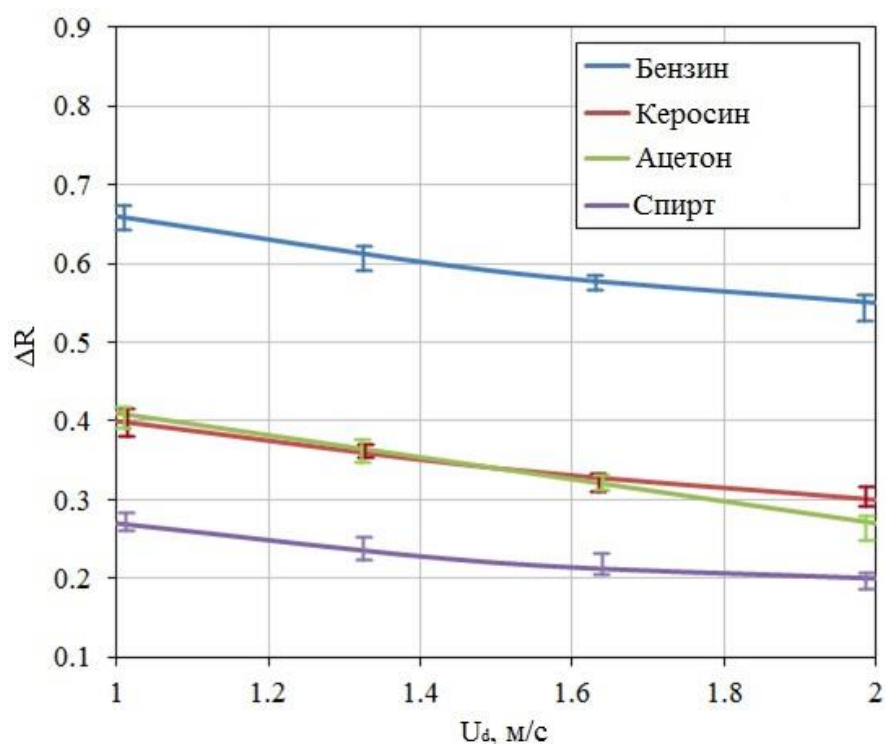


Рисунок 8 –Зависимость от начальной скорости капель U_d параметра ΔR тонкораспыленной воды при прохождении в среде сгорания нефтепродуктов [34]

В результате обобщения экспериментальных данных данной работы, а также результатов [32-34] было установлено, что для эффективного подавления возгорания ЛВЖ при установке форсунок на высоте 2-3 метра относительно поверхности горения с учетом интенсивности парообразования (капли должны полностью испаряться и не уноситься тепловыми конвективными потоками) целесообразно применять капли размером 0,25 мм, при этом подавать их в очаг с начальной скоростью распыла не менее 2 м/с.

Таким образом, рекомендуемые параметры, с учетом которых в дальнейшем будет произведен выбор распыляющих форсунок и разработана автоматизированная установка пожаротушения, составили:

- интенсивность орошения 0,2-0,25 л/м²·с;
- размер капель 0,22-0,27 мм;
- начальная скорость капельного потока 2 м/с.

3 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Одной из важнейших частей топливно-энергетического комплекса России является нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая отрасль, так как ни одна другая отрасль промышленности не может обойтись без топлива. Поэтому для того, чтобы обеспечить непрерывный режим работы производственных предприятий, сельскохозяйственной техники, объектов тепло и энергоснабжения было создано множество нефтеперерабатывающих заводов с развитой сетью магистральных трубопроводов. Основными элементами магистральных трубопроводов являются нефтеперекачивающие станции.

Нефтеперекачивающие станции (НПС) предназначены для транспортирования нефти от месторождений до потребителя. НПС магистральных нефтепроводов разделяются на головные и промежуточные. Головные НПС предназначены для приема нефти с месторождений и перекачки ее в магистральный трубопровод и в резервуары. В промежуточных НПС повышается давление перекачиваемой нефти в магистральном трубопроводе. Они размещаются в соответствии с гидравлическим расчетом по трассе нефтепровода.

В основное оборудование нефтеперекачивающих станций входят:

- насосы с трубопроводной обвязкой;
- задвижки, заслонки, обратные клапаны;
- приводные двигатели насосов с пусковыми устройствами;
- система управления и средства автоматизации;
- автоматизированная система пожаротушения;
- система освещения, отопления и вентиляции.

Здания НПС сооружают из огнестойких материалов с бесчердачными покрытиями. Для того, чтобы нефтепродукты не впитывались в покрытие пола и легко смывались, напольное покрытие выполняется метлахской плиткой или бетоном с поверхностным железнением. В полах размещаются стоки, которые

соединяются с промышленной канализацией через гидравлические затворы. Окна и двери в помещениях насосной проектируют отрывающимися наружу. Конструктивно здания НПС выполняют с совместной или отдельной установкой насосов и электродвигателей.

Внутри насосной НПС трубопроводы располагают так, чтобы для их осмотра и обслуживания обеспечивался свободный подход. Трубопровод, с диаметром меньшим чем 400 мм укладывают в полу станции в каналы, а на поверхности пола – большего диаметра (т.к. монтаж каналов под них связан с увеличением материальных расходов). В месте прохождения трубопровода сквозь внутренние стены насосной станции предусматриваются специальные уплотняющие устройства.

Нефтеперекачивающие станции обязательно должны оборудоваться системой приточно-вытяжной механической вентиляции. Пуск насосных агрегатов запрещен при выключенной вентиляции.

В одном здании объединяют помещения распределительных устройств, насосной, подстанции трансформаторной, напряжением менее 10 кВ, пункта установки контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, вентиляционной камеры, ремонтной мастерской, бытовые помещения обслуживающего персонала. Такие помещения должны отгораживаться несгораемыми стенками, обладающие пределом огнестойкости не менее 1 ч.

Пожарная опасность объектов НПС обусловлена тем, что на небольших площадях сосредоточено большое количество пожароопасных жидкостей, исчисляемое сотнями тысяч тонн.

Согласно приложения Б свода правил 5.13130.2009, помещения нефтеперекачивающей станции относятся к группе помещений 4.2 пожарной опасности.

Даже при существовании широкого комплекса мероприятий для обеспечения пожарной безопасности нефтеперекачивающих станций, возникновение опасных ситуаций происходят как в России, так и за рубежом. Это говорит о том, что решение проблемы пожарной защиты НПС требует

усовершенствования. Для этого каждая нефтеперекачивающая станция должна оснащаться современной системой пожаротушения.

Рассматриваемым объектом автоматизации является система пожаротушения тонкораспыленной водой на НПС. Она предназначена для того, чтобы тушить, предотвращать, а также ограничивать распространение пожара. В связи с этим, установка водяного пожаротушения считается надежным средством, необходимым для своевременного реагирования на сигнал пожарной автоматики, поскольку оно способно без вмешательства в процесс тушения человека оперативно тушить любые очаги огня.

Составляющие части системы пожаротушения тонкораспыленной водой [35]:

- источник водоснабжения (например, водоем, резервуар, городской водопровод);
- пожарные насосы (необходимы для подачи воды в напорные трубопроводы);
- всасывающие трубопроводы (соединяют источник водоснабжения с пожарными насосами);
- напорные трубопроводы (соединяют насос и узел управления);
- распределительные трубопроводы (располагаются в пределах защищаемого помещения);
- узлы управления (устанавливаются в конце напорного трубопровода);
- оросители (например, форсунки, спринклеры, дренчеры);
- контрольно-измерительные приборы и средства автоматического управления (расходомеры, датчики температуры и давления, исполнительные механизмы, пусковые устройства, шкафы автоматизации);
- средства пожарной автоматики (пожарные извещатели, сигнальная аппаратура).

В таблице 2 перечислены параметры настройки и установки системы пожаротушения, в соответствии с выбранной группой помещения согласно СП 5.131300.2009.

Таблица 2 – Параметры настройки и установки системы пожаротушения

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1.	Минимальная удельная интенсивность орошения, л/(м ² ·с)	-
2.	Продолжительность работы установок, мин	60
3.	Максимальная высота установки оросителей, м	10
4.	Максимальное расстояние между оросителями, м	3,0
5.	Площадь для расчета расхода воды, м ²	180
6.	Расстояние от оси оросителя до стены: - максимальное, м - минимальное, м	1,5 0,2
7.	Максимальное расстояние от оси оросителя до потолка, м	0,3

Исходя из требований по настройке установок водяного пожаротушения, регламентируемых нормативными документами и рекомендованными значениями параметров распыла из раздела НИРС, необходимо перечислить требования, предъявляемые разрабатываемой автоматизированной системе пожаротушения:

- время инерционности срабатывания системы не более 180 с (3 минут) (согласно ГОСТ Р 50680-94);
- расчетное время пожаротушения – 15 минут (согласно РД 34.15.109-91);
- бесперебойная работа системы пожаротушения поддерживается запасом воды в течении 60 минут (согласно СП 5.131300.2009);
- удельная интенсивность орошения – 0,24 л/(м²·с);
- начальный размер капель распыленного потока воды 0,25 мм;
- начальная скорость движения капель 2 м/с;
- высота установки оросителей – 3 метра.

4 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

4.1 Структура АСУ ПТ

Для обеспечения безопасной для жизни и здоровья рабочего персонала эксплуатации оборудования, на каждой НПС должна устанавливаться автоматизированная система управления пожаротушением (АСУ ПТ).

АСУ ПТ – это информационно-управляющая система, по принципу контроля и управления – централизованная, по принципу сбора информации и выдаче команд управления – распределенная. АСУ ПТ строится на базе автономной самостоятельной микропроцессорной системы, аппаратно и функционально независимой от других систем, и имеет трехуровневую структуру:

- верхний уровень (автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора);
- средний уровень (программируемый логический контроллер (ПЛК));
- нижний уровень (пожарные извещатели, контрольно-измерительные приборы (КИП), средства автоматизации (СА), звуковая и световая сигнализация).

Общий вид структурной схемы АСУ ПТ нефтеперекачивающей станции представлена на рисунке 9.

Функции АСУ ПТ:

- формирование логики пожаротушения;
- опрос адресуемых пожарных извещателей, контроль их состояния;
- контроль температуры, уровня в резервуарах, давления в трубопроводах;
- автоматическое адресуемое включение звуковых и световых средств оповещения;
- автоматический, дистанционный или ручной пуск средств водяного пожаротушения;

- управление технологическим оборудованием защищаемого объекта (системами приточно-вытяжной вентиляции, дымоудаления и т.п.), отображение его текущего состояния.



Рисунок 9 – Общий вид структурной схемы АСУ ПТ

Структурная схема АСУ ПТ нефтеперекачивающей станции представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.022 С1.

Нижний уровень системы пожаротушения представляет собой совокупность ручных и автоматических пожарных извещателей, средств

измерения давления, уровня и температуры, сигнализаторов, устройств управления, исполнительных механизмов, звуковых и световых пожарных оповещателей, устройств дистанционного запуска системы пожаротушения.

Средний уровень АСУ ПТ включает в себя ПЛК, работающий в локальной сети, программно-аппаратные модули управляемого оборудования (при наличии), а также сетевое оборудование.

На верхнем уровне АСУ ПТ находится автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, коммутационное и сетевое оборудование. АРМ оператора представляет собой компьютер в корпусе АТХ монитор LCD, комплексную клавиатуру и мышь.

4.2 Требования к техническим средствам АСУ ПТ

АСУ ПТ должна обеспечивать возможность расширения программных и аппаратных средств системы без изменения структуры.

АСУ ПТ должна иметь модульную конструкцию и предусматривать взаимозаменяемость в «горячем режиме» однотипных модулей без дополнительной настройки.

Центральный контроллер должен иметь сертификат соответствия требованиям пожарной безопасности и выполняться на базе программируемого логического контроллера (ПЛК). Модули ввода-вывода ПЛК должны подвергаться контролю работоспособности с оперативной выдачей сообщения о неисправности.

В щите управления должно быть предусмотрено гальваническое разделение между каналами передачи данных, внутренними шинами контроллера и внешними цепями ввода-вывода. Также для щита управления должен быть предусмотрен контроль открытия двери щита и контроль температуры внутри щита.

Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации, устанавливающиеся только в помещениях, должны соответствовать климатическому исполнению УХЛ4 по ГОСТ 15150-69 [36].

Внешние оболочки средств автоматизации для обеспечения защиты от проникновения посторонних предметов должны удовлетворять установленным требованиям согласно ГОСТ 14254-96 [37]. Единицы измерения, применяемые в средствах автоматизации должны соответствовать требованиям Постановления Правительства РФ от 31.10.2009 «Об утверждении положения о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации».

6 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ

На принципиальной электрической схеме отображен полный состав приборов, устройств и средств автоматизации, использующихся в разрабатываемой автоматизированной системе управления пожаротушения на нефтеперекачивающей станции.

Схема электрическая принципиальная соединений представлена на листах с шифром ФЮРА.421000.022 ЭЗ.

Питание щита АСУ ПТ осуществляется от двухфазной цепи переменного напряжения 220 В. Питание от ЩСУ через клемму XT0 (L01, PE, N) идет на устройство защиты от перенапряжений PT 2-PE/S-230AC.

Питающие напряжения на потребителей осуществляются через автоматические выключатели, предусмотренные для защиты от короткого замыкания и перегрузок устанавливаемого оборудования внутри щита управления.

С целью преобразования напряжения 220 В сети переменного тока в напряжение постоянного тока 24 В, в щите управления устанавливается два блока питания QUINT-PS/1AC/24DC/20 (G2, G3). Блоки питания понижают, выпрямляют, сглаживают напряжение 24 В, а также поддерживают его при перегрузке и отсекают питание при возникновении на выходе короткого замыкания. Цепи питания различных групп потребителей разделены в шкафу после источника питания.

Потребители постоянного тока (модуль центрального процессора контроллера и модули ввода-вывода), установленные в щите, питаются от ввода XT0 через источник бесперебойного питания QUINT-DC-UPS/24DC/20 (G1), зарезервированное по схеме диодное «или».

При отсутствии внешнего питания, аккумуляторная батарея подключается к выходу ИБП с напряжением 28 В и происходит разрядка до напряжения 20,4 В, после чего нагрузка отключается. Если напряжение аккумуляторной батареи меньше 20,4 В или в цепи батареи произошел обрыв,

то ИБП рассматривает это как неисправность батарей и через контактное реле сигнализирует об этом.

Информация о значении контролируемых параметров, а также сигнал о возникновении пожара с извещателя пламени поступает на модуль аналогового ввода TSX AEY 800 (A3) в виде унифицированного токового сигнала через устройство защиты от перенапряжений TT-ST-M-2-PE-24DC (Z1...Z12). Сигнал с оптических извещателей, соединенных в шлейф сигнализации и сигнал с ручных извещателей поступает на модуль аналогового ввода TSX AEY 414.

Информация о включении или отключении электродвигателей насосов и об открытии задвижек поступает на модуль дискретного ввода TSX DEY 32D2K.

С модулей дискретного вывода TSX DSY 32T2K и TSX DSY 0822 осуществляется управление включением насосов, открытии задвижек, включением аварийной сигнализации.

На схеме предусмотрены коммутирующие устройства – кнопки SH1...SH12, с помощью которых осуществляется дистанционное управление системой пожаротушения по решению оператора или при несрабатывании контроллера. Также для индикации работы АСУ ПТ предусмотрено включение в принципиальную электрическую схему световой аппаратуры – электроламп AL22ТЕК (HL1...HL17).

С целью повышения удобства обслуживания щитового оборудования предусматривается установка розетки на переменный ток 220 В Legrand 042 85 (XS1). В шкафу, к сети ~220 В подключен светильник Rittal SZ 4103.350 (EL1), который загорается при срабатывании концевого выключателя Rittal SZ 4127.010 (SQ1), замыкающегося при открытии двери щита.

Внутри шкафа устанавливается термореле ETA WI 282*1140 (KK1, KK2), с уставками срабатывания 5 и 40 °С, для регулирования температуры воздуха внутри шкафа. При срабатывании термореле включается вентилятор Rittal SK 3239.100, установленный в шкафу.

На схеме предусмотрены резервные подключения на аналоговые и дискретный модули ввода-вывода контроллера, а также резервные кнопки дистанционного управления положением задвижек и включением насоса пожаротушения.

Перечень элементов схемы электрической принципиальной соединений приведен в приложении В.

7 РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ОБЩЕГО ВИДА ЩИТА

На чертеже общего вида щита системы пожаротушения определена конструкция изделия, показано расположение составных частей и пояснен принцип работы изделия. Щит является комплексным устройством, с помощью которого выполняются функции поста управления. Также щит является связующим звеном между оператором и объектом управления. Аппаратура, приборы и другие изделия устанавливаются на щите с учетом их конструктивных особенностей и выполняемых функций. Также, должно быть учтено обеспечение удобства монтажа и обслуживания. Фактическое размещение аппаратуры в конструкции может немного отличаться от расположения на схеме. Рядом с каждым элементом на схеме должно изображаться такое же, как и на принципиальной электрической схеме соединений позиционное обозначение.

Щит системы пожаротушения выполнен на базе системы линейных шкафов TS 8 серии 8880.500 (1800x800x500 мм) компании «Rittal», имеющих степень защиты (согласно МЭК 60 529) IP55. В стандартную комплектацию такого шкафа входит:

- 1) каркас из стальных профилей, соединенных сваркой:
 - нижняя и верхняя рама с верхней крышкой;
 - четыре вертикальные рейки;
- 2) панели, выполненные из листовой стали:
 - потолочная панель;
 - панель основания;
 - стальная дверь;
 - задняя стенка;
 - монтажная панель;
 - боковые панели;
- 3) шкафные принадлежности:
 - вставка замка;

- карман для документации;
- вентиляционная насадка;
- принадлежности для монтажа и прокладки кабелей;
- устройства вентиляции и кондиционирования воздуха.

В щитах данной серии предусмотрена защита от несанкционированного доступа посредством установки замков. Также устанавливается система регулирования температуры воздуха внутри щита на базе термореле, вентилятора и отверстий для забора воздуха.

Общий вид щита системы пожаротушения представлен на листах с шифром ФЮРА.42100.022 ВО.

В верхней части на вводе спереди шкафа располагаются светильник Rittal SZ 4103.350 (EL1), источник бесперебойного питания QUINT-DC-UPS/24DC/20 (G1), выключатель концевой Rittal SZ 4127.010 (SQ1), а также модульный контроллер Modicon Premium (AC1).

Ниже, на DIN-рейке располагаются блоки питания QUINT-PS/1AC/24DC/20 (G2, G3), реле Реле Finder 40.52.8.230 (KT01, K1...K3), устройство защиты от перенапряжений PT 2-PE/S-230AC (Z01), клеммные сборки питающего напряжения (XT01...XT03) и резервная клеммная сборка (XT04).

В средней части шкафа на двух горизонтальных элементах расположены термореле (KK1, KK2), группа автоматических выключателей (QF1...QF6), розетка ~220 В (XS1), группа устройств защиты от перенапряжений (Z1...Z12) и группа реле Реле PLC-RPIT-24DC/21.

В нижней части шкафа расположены клеммные сборки для подключения проводов, по которым идет информация на модули ввода-вывода ПЛК.

Провода складываются в специальные короба, расположенные вертикально по боковым панелям и горизонтально на задней стенке.

11 РАЗРАБОТКА МНЕМОСХЕМЫ

Мнемосхема является графическим изображением функциональной схемы объекта управления. Мнемосхема предназначена для управления производственным процессом с АРМ оператора, также на мнемосхеме предоставляется информация о значении контролируемых параметров и состоянии системы, получаемая с нижнего и среднего уровня.

Требования, по которым разрабатывается мнемосхема устанавливает предприятие, на котором она будет реализована. В данной работе мнемосхема разрабатывалась в соответствии с общими требованиями:

- на мнемосхеме располагаются только необходимые оператору элементы для управления объектом;
- наиболее существенные группы элементов или единичные элементы должны выделяться формой, размером и цветом;
- размер и форма панели должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных и управляющих элементов.

В соответствии с вышеописанными требованиями была разработана мнемосхема управления процессом пожаротушения насосного парка НПС, скриншот мнемосхемы представлен на рисунке 31 и 32.

На данной схеме условно показаны три области (помещения):

- на первом располагается резервуар с противопожарным запасом воды;
- на втором показан узел пожарного трубопровода с основным и резервным насосами;
- на третьем расположен насосный парк НПС, где возможно возникновение пожара, а также распыляющие форсунки и пожарный извещатель пламени.

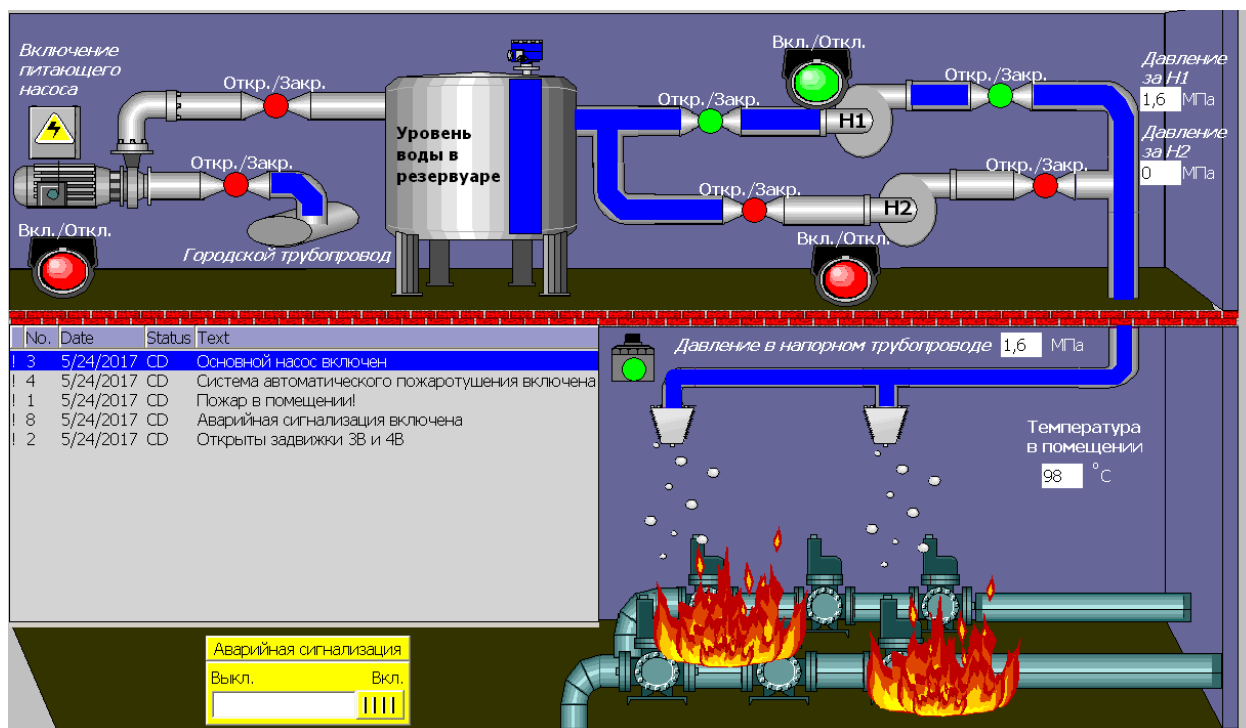


Рисунок 31 – Скриншот мнемосхемы АСУ ПТ (включен основной насос)

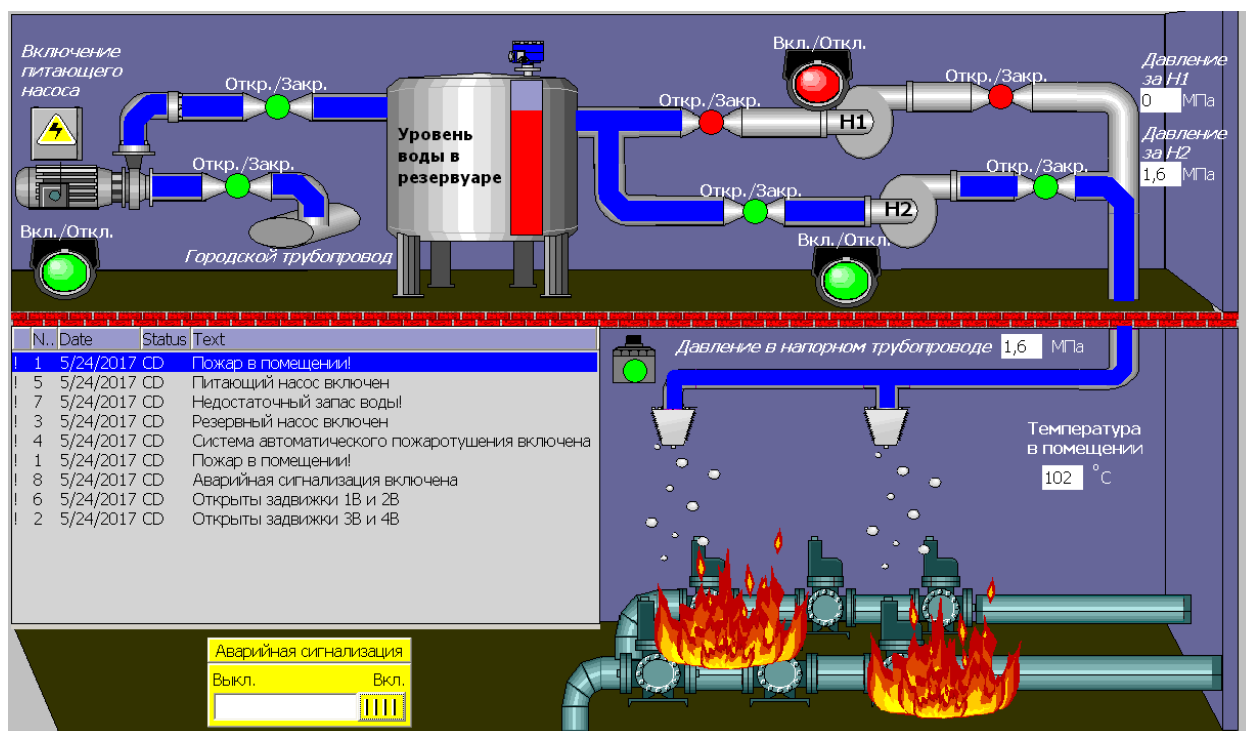


Рисунок 32 – Скриншот мнемосхемы АСУ ПТ (включены питающий и резервный насосы)

При срабатывании пожарного датчика, появляется изображение пламени и возникает ошибка «Пожар в помещении!», после чего включается автоматизированная система пожаротушения с сообщением об этом оператору. При открытии задвижек и включении какого-либо насоса на их

условном обозначении загорается сигнализирующая индикация. Если в резервуаре пожаротушения недостаточный запас воды, то это сигнализируется посредством мигания и изменением цвета элемента «Bar», расположенного на изображении резервуара. Также производится автоматическое включение аварийной (световой и звуковой) сигнализации в помещении, ее можно отключить с помощью перемещения ползунка элемента «Slider».

Дистанционное управление системой пожаротушения с АРМ оператора осуществляется при нажатии на условные изображения элементов на мнемосхеме.

Также на мнемосхеме выводиться информация о значении контролируемых параметров – уровень воды в резервуаре, давление за основным и резервным насосом в напорном трубопроводе, а также температура воздуха в защищаемом помещении.