

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

СПРАВОЧНИК ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДАНИЯ

Кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела

119-2024

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПОСЛЕ АВАРИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к практическим занятиям и выполнению курсовой работы
для студентов магистратуры направления подготовки
13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
(программа «Теплоэнергетика и теплотехника»)
всех форм обучения*

Составители:

Петрикеева Наталья Александровна,
Тульская Светлана Геннадьевна

МУ ВЭСПА2024.pdf
(наименование файла)

1,25 Мб
(объем файла)

23.04.2024
(дата)

1,6 уч.-изд. л.
(объем издания)



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Воронежский государственный технический университет

Кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
ПОСЛЕ АВАРИЙ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к практическим занятиям и выполнению курсовой работы
для студентов магистратуры направления подготовки
13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
(программа «Теплоэнергетика и теплотехника»)
всех форм обучения*

Воронеж 2024

УДК 621.311(07)
ББК 31.3я7

Составители: Н. А. Петрикеева, С. Г. Тульская

Восстановление энергетических сетей после аварий: методические указания к практическим занятиям и выполнению курсовой работы для студентов магистратуры направления подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (программа «Теплоэнергетика и теплотехника») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Н. А. Петрикеева, С. Г. Тульская. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2024. 36 с.

Изложены предпосылки и необходимость устранения аварийных ситуаций систем энергоснабжения. Рассмотрены некоторые теоретические вопросы, основные зависимости по определению надежности систем, нормативные величины при обеспечении потребителей энергоносителями. В рекомендациях определены подходы к выбору тем работы, требования к содержанию и структуре работы, основные направления для выполнения работы.

Предназначены для магистрантов направления 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения при изучении дисциплины «Восстановление энергетических сетей после аварий».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ВЭСПА2024.pdf.

Табл. 13. Библиогр.: 12 назв.

УДК 621.311(07)
ББК 31.3я7

Рецензент – Е. А. Копытина, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры информационных технологий управления ВГУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Возникновение аварийных ситуаций на энергосетях	5
1.1. Возникновение аварийных ситуаций на электрических сетях	5
1.2. Возникновение аварийных ситуаций на сетях теплоснабжения	8
1.3. Возникновение аварийных ситуаций на сетях газоснабжения	9
2. Рекомендации в выполнении курсовой работы (проекта)	12
2.1. Пример варианта задания курсовой работы	12
2.2. Комментарии к заданию №1	14
2.2.1. Выполнение задания 1а	14
2.2.2. Выполнение задания 1б	18
2.3. Комментарии к заданию №2	18
2.4. Комментарии к заданию №3	23
2.5. Комментарии к заданию №4	25
2.6. Структура курсовой работы (проекта)	32
3. Варианты для выполнения задания	33
Библиографический список	35

ВВЕДЕНИЕ

Энергетические проблемы в последние годы стали одними из важнейших проблем, которые непосредственным образом затрагивают многие страны. Ограничения в наращивании генерирующих и передающих мощностей с использованием традиционных применяемых технологий сдерживают не только развитие промышленности, но и социальное развитие. В большинстве стран стремятся использовать распределенную генерацию – малые генерирующие источники, подключаемые к распределительной электрической сети. Для многих распределенная генерация имеет огромное значение также и как автономный источник энергии для удаленных от основных сетей районов сельской местности.

План действия по ликвидации последствий аварийных ситуаций в системах энергоснабжения с учетом взаимодействия потребителей энергии и служб жилищно-коммунального хозяйства разрабатывается в целях координации деятельности администрации населенного пункта и ресурсоснабжающих организаций, управляющих организаций и ТСЖ при решении вопросов, связанных с ликвидацией аварийных ситуаций на системах энергоснабжения.

Успешное развитие любой науки и внедрение ее результатов в производство зависит, прежде всего, от знаний, умений, моральных качеств специалистов, выпускаемых вузами. Современный период развития общества характеризуется изменениями, которые затрагивают все сферы жизнедеятельности человека. Быстрый темп социально-экономических преобразований в стране, увеличивающийся объем информации и наметившаяся тенденция к расширению управленческих функций в профессиональной деятельности обусловили изменение требований, предъявляемых обществом к системе высшего профессионального образования в вопросах подготовки будущих специалистов.

Целью преподавания дисциплины является формирование фундаментальной базы знаний, необходимой для определения причин аварий на сетях и выбора методов восстановления энергетических сетей.

Методические указания разработаны с целью акцентирования некоторых особенностей расчетов и проведения аварийно-восстановительных работ на сетях энергоснабжения, рассмотрены требования, предъявляемые к ним.

1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЭНЕРГОСЕТЯХ

Быстрое восстановление работоспособности сетей в распределенных системах управления является весьма актуальной задачей. Ее успешное решение имеет непосредственное отношение к минимизации производственного ущерба, связанного с вынужденным простоем оборудования. Перечень и последовательность процедур, необходимых для восстановления нормального функционирования системы после наступления чрезвычайных обстоятельств, обычно устанавливает «План восстановления функционирования системы», который должен быть подготовлен заранее и утвержден руководством организации, эксплуатирующей любые сети.

Основная цель реализации плана заключается в обеспечении быстрого и полного восстановления устойчивого функционирования информационной системы. Как правило, план предусматривает решение следующих задач:

- определение порядка действий, процедур и ресурсов, необходимых для восстановления функционирования системы или обеспечения ее устойчивого функционирования в резервном варианте размещения технических средств и персонала;
- определение штатного состава и основных обязанностей персонала оперативного штаба и аварийных групп из числа сотрудников предприятия по реализации мероприятий плана восстановления;
- определение порядка координации действий оперативного штаба по реализации плана с другими структурами (пожарные, медперсонал, полиция, спасатели и др.), которые будут привлекаться к ликвидации последствий чрезвычайных событий, вызвавших нарушение нормального функционирования системы.

Восстановление энергетических сетей после аварий является жизнеобеспечением населенных мест и характеризуется большой потенциальной опасностью. Главными требованиями к энергетическим сетям являлись и являются обеспечение надёжности, безопасности.

1.1. Возникновение аварийных ситуаций на электрических сетях

Электроэнергия генерируется на электростанциях различного типа, которые могут находиться на огромном расстоянии от потребителя, как в целях безопасности, так из-за расположения нужных ресурсов. Затем эту энергию направляют по транзитным сетям высокого напряжения к подстанциям и трансформаторным станциям и по распределительным сетям к непосредственным потребителям. Общая протяжённость этих сетей в масштабах страны достигает десятков и сотен тысяч километров, и авария на любом крупном узле означает, что конечный потребитель имеет шанс остаться без электричества.

При этом следует понимать, что причинами аварии и перебоев могут быть не только «механические» воздействия, но и, например, резкий дисбаланс между производством и потреблением электроэнергии в каком-то регионе. Из-за такого дисбаланса может произойти понижение частоты тока в сети и его напряжения, что приводит к отказу автоматики на подстанциях.

Условно причины аварий можно разделить на несколько типов:

- резкое повышение потребления электроэнергии – слишком активное использование кондиционеров в летний и электрических обогревателей в зимний периоды может перегрузить электросети, создавая тот самый дисбаланс, который приводит к авариям и сбоям в системе;
- износ оборудования и человеческий фактор – несвоевременный ремонт и модернизация оборудования, отсутствие ресурсов для постоянного мониторинга состояния сетей и ошибки при настройке и ремонте подсистем электроснабжения также часто приводят к авариям и даже масштабным блэкаутам по всему миру;
- природные явления и катастрофы – обрывы проводов во время штормов и ураганов, удары молнии в распределительные будки, ЛЭП и подстанции, и их разрушение из-за стихийных бедствий регулярно становятся причиной аварий и отключения электричества.

Долголетняя практика работы систем электроснабжения, их оснащённость противоаварийными приборами защиты, сигнализации, автоматики и различными блокировочными устройствами, как правило, даёт возможность выявления предаварийных факторов и предоставляет некоторый промежуток времени для оценки возникшей ситуации и принятия соответствующих мер.

Аварийной ситуацией называется состояние системы электроснабжения, связанное с изменениями в нормальной работе оборудования, которые создают угрозу возникновения аварии.

Признаки аварии определяются отраслевыми нормативно-техническими документами, в частности, Инструкцией по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем, утверждённой приказом Минэнерго России от 30.06.2003 г. № 289. В инструкции рассмотрен порядок проведения работ при технологических нарушениях (авариях) в различных звеньях электрической части энергосистем и оперативной ликвидации аварий.

Оперативная ликвидация аварий представляет собой процесс отделения повреждённого оборудования (участка сети) от энергосистемы.

В аварийных ситуациях требуемые переключения производятся только оперативным персоналом в соответствии с инструкциями предприятий (организаций), с соблюдением норм и правил работы в электроустановках и с применением всех необходимых защитных средств.

Несмотря на то, что оперативный персонал контролирует работу автоматики, и при неправильных ее действиях переходит на ручное управление, ему следует неукоснительно соблюдать требование указанной инструкции не

вмешиваться в работу защит, и только при отказе их действия выполнять ее функции.

В процессе ликвидации аварии все распоряжения диспетчера энергосистемы (по вопросам, входящим в его компетенцию) выполняются немедленно, за исключением распоряжений, способных представлять угрозу для безопасности людей и сохранности оборудования.

Ликвидация аварий в электрической части энергосистем является одной из самых трудных задач оперативного персонала. Решение ее сводится: к быстрой оценке аварийного положения и немедленному принятию мер, обеспечивающих безопасность персонала и устраняющих угрозу повреждения оборудования; к выполнению ряда операций, предотвращающих развитие аварии и устраняющих аварийный режим; к своевременному информированию вышестоящего дежурного о причинах аварии и принятых мерах по ее ликвидации.

Объективное суждение о создавшемся аварийном положении оперативный персонал производит на основании: сигнализации положения выключателей, показаний измерительных приборов, выпавших указателей срабатывания устройств релейной защиты и автоматики, световых табло на панелях щитов управления.

При наличии распределенной генерации в системах электроснабжения возникают изменения в свойствах электрической сети, распределенные генераторы влияют на работу релейной защиты и автоматики. Процессы управления в такой системе становятся сложнее, особенно в аварийных условиях. Рассмотрены возможные аварийные ситуации в системах электроснабжения с распределенной генерацией, с целью анализа возможных последствий для системы.

После действия устройств релейной защиты система электроснабжения может разделиться на несколько «островов», которые будут работать автономно. При этом к распределенной генерации в первую очередь подключаются наиболее ответственные потребители в зависимости от категории электроприемников. Процесс восстановления системы включает последовательность состояний и для каждого конкретного послеаварийного состояния существует некоторое множество стратегий (путей) восстановления СЭС. Смысл задачи в том, чтобы определить (выбрать) рациональный путь или рациональный вариант восстановления (например, минимальное количество обесточенных потребителей или минимальное время восстановления систем).

В подавляющем количестве случаев отключения электроэнергии вина лежит на организациях, отвечающих за ее транспорт. Вина сбытовых компаний в таких происшествиях вторична, но перед конечным потребителем отвечать все-равно им. Категория надежности устанавливает обязательства электросетевой компании по обеспечению надежности электроснабжения объектов по заключенным договорам.

Для категории 1 и категории 2 допустимое количество часов отключения в течении года и оперативность работ по подаче напряжения определяются в договоре. Эти параметры зависят от схемы электроснабжения, наличия резервных источников и характера деятельности потребителя. Не при каких обстоятельствах параметры по первой и второй категории не могут быть хуже параметров для третьей категории.

Таким образом мы выходим на минимальные требования по обеспечению надежности электроснабжения, которые четко прописаны. Для категории 3 общее количество часов отключение в год не должно превышать 72 часа. Каждое отключение не должно длиться более 24 часов подряд, включая время на восстановительные работы.

1.2. Возникновение аварийных ситуаций на сетях теплоснабжения

В целях обеспечения бесперебойной работы систем теплоснабжения, своевременной локализации аварий и недопущения длительного расстройства гидравлического и теплового режимов теплоснабжающим организациям следует разрабатывать и представлять на утверждение органа местного самоуправления документ (положение, инструкция), устанавливающий порядок ликвидации аварий и взаимодействия тепло-, топливо-, водоснабжающих организаций, абонентов (потребителей), ремонтных, строительных, транспортных предприятий, а также служб жилищно-коммунального хозяйства и других органов в устранении аварий. Теплоснабжающими организациями должны разрабатываться Мероприятия по ликвидации аварийных ситуаций, которые должны охватывать каждый источник тепла и его тепловую сеть.

Для предотвращения теоретически возможной ситуации снижения температуры внутреннего воздуха у потребителей при нерасчетном похолодании требуется поддержание расчетного расхода теплоносителя с требуемыми параметрами. Необходимо выполнить работы по обследованию указанных тепловых сетей на наличие повреждений тепловой изоляции и восстановить поврежденные и изношенные участки. Дополнительно рассмотреть вопрос об утеплении отдельных зданий, где зафиксированы систематические жалобы на качество теплоснабжения при значительном понижении температуры наружного воздуха в отопительных периодах.

Надежность системы коммунального теплоснабжения является комплексным свойством и может включать отдельно или в сочетании ряд свойств, основными из которых являются:

- безотказность;
- долговечность;
- ремонтпригодность;
- режимная управляемость;
- живучесть.

В настоящее время не имеется общей методики оценки надежности систем коммунального теплоснабжения по всем или большинству показателей

надежности. В связи с этим для оценки надежности используются такие показатели как интенсивность отказов (p) и относительный аварийный недоотпуск тепла (q), динамика изменения которых во времени может использоваться для суждения о прогрессе или деградации надежности системы коммунального теплоснабжения. Определение указанных показателей производится в течение всего времени эксплуатации систем коммунального теплоснабжения. Анализ полученных результатов используется как при долгосрочном планировании, так и при разработке конкретных мероприятий по подготовке к очередному отопительному периоду.

1.3. Возникновение аварийных ситуаций на сетях газоснабжения

При разрушении или повреждении газовых сетей и сооружений в очаге поражения от воспламенения газа могут возникнуть дополнительные пожары, а при выходе газа из поврежденных труб и сооружений газовой сети отдельные помещения, подвалы, коллекторы и т. п. могут оказаться загазованными, что может привести к взрывам и усложнит спасательные работы. На случай разрушения сооружений, особенно тех, которые питают важные промышленные предприятия, могут быть предусмотрены подземные обводные газопроводы (байпасы) с установкой отключающих устройств.

На сетях низкого давления почти все виды аварийных и ремонтных работ выполняют под давлением (без отключения поврежденного участка), поэтому количество отключающих устройств здесь может быть минимальным. Их ставят на выходе из пунктов питания, на ответвлениях к предприятиям и на вводах в здания.

Подземные газовые магистрали получают серьезные повреждения в зоне, где избыточное давление превышает 200 кПа, при этом существенное значение имеют глубина заложения и характер размещения трубопроводов.

Наземные газопроводы, часто прокладываемые по территории промышленных предприятий, в том числе по стенам зданий, менее устойчивы и могут повреждаться при значительно меньшем давлении (от 10 кПа и выше).

В обычных условиях, как показывает практика, наиболее распространенными повреждениями на газопроводах являются разрывы стыков стальных труб, переломы чугунных труб, неисправность арматуры, повреждения оголовков конденсатосборников, гидрозатворов, контрольных трубок, неплотности в резьбовых, фланцевых и сальниковых соединениях и др.

В военное время число таких повреждений возрастет, и к ним добавятся разрывы газопроводов. Возможна загазованность убежищ и укрытий, размещенных в подвальных этажах зданий, в случае нарушения их герметичности. Отдельно стоящие убежища и укрытия также могут пострадать от проникновения в них газа при разрушениях газопроводов, проложенных в непосредственной близости. Газ может проникнуть в убежище лишь в том случае, если нарушена герметизация и не работает фильтровентиляционная установка, создающая внутри помещения избыточное давление (подпор).

Аварийные работы на газовых сетях связаны главным образом с предотвращением и ликвидацией загазованности убежищ, укрытий и других помещений, где могут находиться люди, или отдельных участков, где ведутся спасательные работы, а также с ликвидацией очагов воспламенения в местах утечки газа. В зависимости от обстановки несколько позднее или одновременно с тушением возгораний может возникнуть необходимость в частичном восстановлении поврежденных линий для подачи газа наиболее ответственным потребителям.

Из поврежденного газопровода газ просачивается через грунт, поднимается до плотного покрытия магистралей и проездов (асфальта, бетона), а зимой до замерзшего слоя и распространяется по имеющимся полостям и в песчаных прослойках иногда на большие расстояния.

Практика показывает, что из газопроводов высокого и среднего давления газ в грунте распространяется со скоростью до 6 м/ч. Особенно опасно попадание газа в коллекторы (теплофикационные, кабельные, комбинированные), по которым газ может проникнуть в подвалы зданий, убежища и укрытия.

Для контроля за возможными утечками на особо ответственных и труднодоступных участках газопровода ставят контрольные трубки. Однако этого недостаточно для отыскания мест утечки.

Для отыскания мест утечки необходимо иметь план трассы газопровода со всеми имеющимися сооружениями и устройствами (сетевыми колодцами, задвижками, контрольными трубками, конденсатосборниками, пропарниками и др.). На план также должны быть нанесены все коммуникации и сооружения водопровода, канализации, телефона, кабельных линий, коллекторы, подвальные и полуподвальные помещения в полосе 50 м от оси газопровода.

Места утечки прежде всего стараются определить по внешним признакам. На избыток газа в воздухе и почве быстро реагирует растительность – желтеет и увядает; если поверхность земли покрыта водой, появляются пузырьки. В зимнее время в местах утечки снег буреет. При значительной утечке из газопроводов среднего и высокого давления можно услышать шипение выходящего газа. Если по внешним признакам определить место утечки не представляется возможным, бурят контрольные скважины.

Среди технических средств, позволяющих установить наличие газа в воздухе, а также зафиксировать количественно уровень концентрации, могут быть использованы газоиндикаторы, газоанализаторы и шахтные интерферометры. При обнаружении газа в колодцах (телефонных, водопроводных, теплофикационных и др.), коллекторах, подвальных и подпольных помещениях, на первых этажах бесподвальных зданий вблизи от места утечки должны быть проверены все подобные сооружения в радиусе 50 м от места повреждения.

При обнаружении газа в помещениях, прежде всего, отключают газовую сеть здания краном на вводе. Работать в загазованном помещении опасно, поэтому необходимо предварительно снизить концентрацию газа в воздухе

путем естественной или искусственной вентиляции. В последнем случае следует помнить, что вентиляторы работают на отсос, поэтому они должны быть во взрывобезопасном исполнении. Если газ проникает в помещение по трассе других коммуникаций, надежным способом предохранения от поступления газа является отрывка отсекающего шурфа. Шурф должен обеспечить выход газа в атмосферу.

Во многих случаях газ, выходящий из поврежденных мест, может воспламениться. Размеры факела зависят от давления газа и размера отверстия. Тушение пламени на газопроводах низкого давления обычно не вызывает больших трудностей. Место выхода газа замазывают глиной, набрасывают на пламя мокрый брезент или кошму, засыпают землей, песком.

При среднем давлении газ проходит слой воды и может гореть в воздухе. Поэтому такое пламя следует тушить струей инертного газа, сжатого воздуха от компрессора или воды от пожарного насоса, создающей достаточное противодействие струе выходящего газа. Струей сжатого воздуха от компрессора с давлением 300–600 кПа, направляемой одним или несколькими шлангами к месту выхода газа, можно сбить пламя при давлении в газопроводе до 60 кПа.

При высоком давлении в газопроводе и большом отверстии пламя гасят засыпкой газопровода грунтом и его уплотнением или заполнением газопровода водой. В большинстве случаев для этого требуется предварительное снижение давления с помощью задвижек. Заполнять газопровод водой можно через гидрозатворы и конденсатосборники.

Как правило, тушение пламени на газопроводах среднего и высокого давлений производится пожарными формированиями. При тушении пожара в зданиях и сооружениях водой следует иметь в виду, что вода электропроводна. Поэтому установки и оборудование, находящиеся под напряжением, должны быть отключены.

Аварии на газопроводах происходят в результате повреждения строительной техникой и автомобилями, под влиянием коррозии и по причине разрывов сварных швов, а также при возникновении природных и природно-техногенных явлений и под влиянием состава и движения грунта. Аварии сопровождаются появлением отверстий в трубах, разрушением стыковых соединений, возникновением трещин. Аварии могут происходить как по вине третьих лиц, например, в результате проведения строительных работ или повреждения газопроводов по причине дорожно-транспортных происшествий, так и по вине газораспределительных организаций (ГРО), например, в результате нарушения правил эксплуатации газопроводов, под влиянием природных явлений и др. Расчет расхода газа на аварийные выбросы чаще всего производится согласно методике.

Примерный план ликвидации аварии на сетях газораспределения включает в себя прием заявки диспетчером и инструктаж заявителя о мерах безопасности до прибытия аварийной бригады. Аварийная заявка регистрируется. Руководитель аварийной бригады проводит краткий

инструктаж по выполнению газоопасных работ и мерах безопасности. Выполняется подготовка необходимой исполнительной документации. Выезд аварийной бригады на место аварии должен быть осуществлен не позднее, чем через 5 минут после получения аварийной заявки. Далее необходимо расставить предупредительные знаки на месте возникновения аварии, принять меры по предотвращению возникновения открытого огня и присутствия людей вблизи аварийного объекта, провести осмотр трасс газопроводов. Проводится проверка на загазованность помещений, расположенных в радиусе 50 м. от загазованной зоны, вентиляция помещений и контроль над изменением концентрации газа. При концентрации газа свыше 1 % осуществляется отключение газопроводов сети газораспределения (с оповещением потребителей газа).

В соответствии с планом взаимодействия к месту аварии осуществляют выезд представителей городских служб. Необходимо принять меры по обесточиванию электросети зданий. Сотрудники аварийной бригады определяют место утечки и проводят мероприятия по ликвидации аварии. После ликвидации аварии проводится снятие заглушек, закрепление фланцевых соединений и продувка отключенного участка газопровода газом, анализ газовоздушной смеси. Потребителей извещают о возобновлении подачи газа. Происходит составление акта аварийно-диспетчерского обслуживания и оформление ремонтной заявки на проведение аварийно-восстановительных работ.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ (ПРОЕКТА)

2.1. Пример варианта задания курсовой работы

Тема курсовой работы (проекта) «Анализ аварийных ситуаций на энергетических сетях». Рассмотрим пример одного из типовых заданий на основе сети теплоснабжения.

Вариант 1

1. Оценить время, имеющееся для ликвидации аварии или принятия мер по предотвращению лавинообразного развития аварий, а также потери теплоносителя на участке тепловой сети, если авария произошла на участке теплосети диаметром 250 мм и длиной 320 метров при температуре наружного воздуха минус 18 °С в г. Москва, ведущему к кварталу со зданиями серии 2 и серии 3 (см. табл.2.1 «Характеристика и тип зданий»).

2. Классифицировать аварию по четырем признакам для составления Акта о расследованиях причин аварийных ситуаций... согласно постановления правительства РФ №1014 от 02.06.2022 г., если:

- код учетного признака аварийной ситуации 1.3 и 1.4;

- код аварийного вида оборудования 2.7;
- код организационных причин 3.4.1, 3.4.7;
- код технических причин 4.1, 4.10.

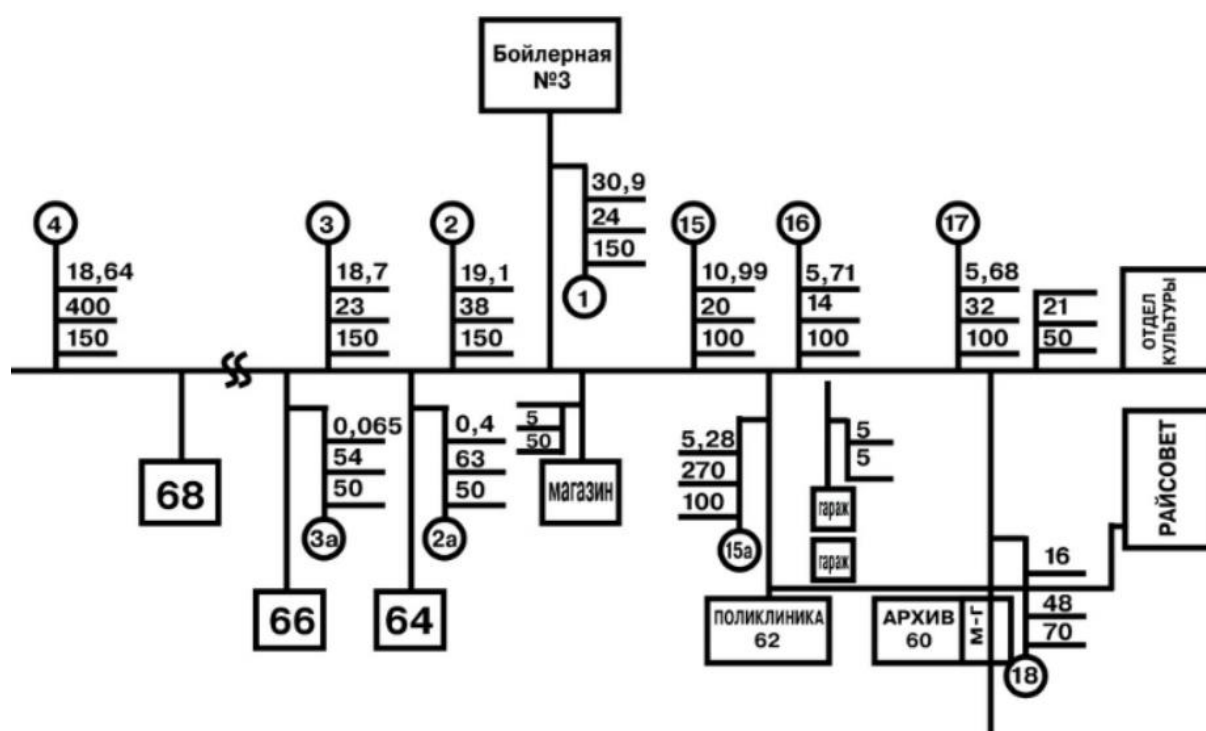
3. Определить нормативный срок устранения данной аварии (локализация, временное устранение, полная ликвидация) согласно ГОСТу и иным нормативным актам, если в аварийном квартале имеется поликлиника, магазин, жилые 10 и 5 этажные дома, административные здания.

4. Определить показатели надежности для данной сети (вероятность безотказной работы, готовность к исправной работе системы, параметр потока отказов участков тепловой сети, среднее время до восстановления участков тепловой сети), если возраст участка сети 12 лет.

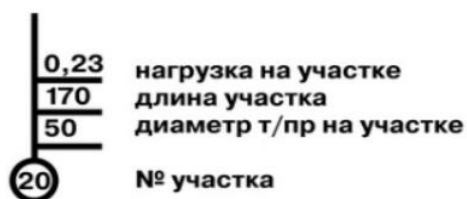
При решении поставленных задач воспользоваться рекомендациями и комментариями, имеющимися в них формулами и таблицами приложений.

При анализе, разработке или выполнении графической части использовать схему 1 (схема условная).

Схема 1



Условные обозначения на схеме



Характеристика и тип зданий

Характеристика зданий
1. Крупнопанельный дом серии 1-605А с 3-слойными наружными стенами, утепленными минераловатными плитами с железобетонными фактурными слоями: толщины 21 см, из них толщина утеплителя 12 см.
2. Крупнопанельный жилой дом серии К 7-3 (конструкции инженера Лагутенко) с наружными стенами толщиной 16 см, утепленными минераловатными плитами с железобетонными фактурными слоями
3. Дом из объемных элементов с наружными ограждениями из железобетонных вибропрокатных элементов, утепленных минераловатными плитами. Толщина наружной стены 22 см, толщина утеплителя в зоне стыкования с ребрами 5 см, междуребрами 7 см. Общая толщина железобетонных элементов между ребрами 30 - 40 мм
4. Кирпичные жилые здания с толщиной стен в 2,5 кирпича и коэффициентом остекления 0,18-0,25
5. Промышленные здания с незначительными внутренними тепловыделениями (стены в 2 кирпича коэффициент остекления 0,15 - 0,3)

2.2. Комментарии к заданию № 1

2.2.1. Выполнение задания 1а

Запас времени на ликвидацию аварии. В соответствии с «Правилами предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов», утвержденными постановлением Правительства РФ от 6 мая 2011 г. № 354, не допускается даже временное понижение температуры в отапливаемых жилых помещениях ниже +8 °С. Согласно СП 124.13330.2012 «Тепловые сети», *отказ теплоснабжения потребителя* – это событие, приводящее к падению температуры в отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий ниже +12 °С, в промышленных зданиях ниже +8 °С.

В соответствии с приложением Методических указаний по разработке схем теплоснабжения, утвержденных совместным приказом Минэнерго России

и Минрегиона России от 29 декабря 2012 г. № 565/667 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке схем теплоснабжения», время снижения температуры в жилом здании при внезапном прекращении теплоснабжения определяем как

$$z = \beta \times \ln \frac{(t_{\text{с}} - t_{\text{н}})}{(t_{\text{с.а}} - t_{\text{н}})} \quad (2.1)$$

где z – время остывания помещения; $t_{\text{с.а}}$ – температура в помещении после отключения теплоснабжения, °С; $t_{\text{с}}$ – температура в отапливаемом помещении, которая была при отключении теплоснабжения, °С; $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °С; β – коэффициент аккумуляции здания, в часах.

Это тот запас времени, который мы имеем для устранения аварийной ситуации без серьезных последствий для жителей при самом неблагоприятном расположении. Необходимые для расчета данные принимаем из таблиц 2.1–2.3. Для промежуточных значений применяем интерполяцию.

Необходимость утепления зданий следует определять по методике Пермского государственного технического университета. Из расчета показателей вероятности безотказной работы и готовности системы к исправной работе определяется рекомендуемое (необходимое, оптимальное) значение коэффициента аккумуляции зданий (теплового эквивалента внутреннего объема, аккумулирующего тепло). Время остываний внутреннего объема на единицу площади передающей поверхности определяется по (2.1).

Если известна доля снижения подаваемого тепла в отапливаемые помещения в долях от расчетного, то конечная внутренняя температура воздуха t_2 после ликвидации повреждения, длившегося z часов, составит:

$$t_2 = t_{\text{н}} + (t_1 - t_{\text{н}}) \times e^{-z(1-\chi)/\beta} \quad (2.2)$$

где t_1 – температура в помещении после отключения теплоснабжения; χ – доля снижения подаваемого тепла.

Таблица 2.1

Примерный темп падения температуры в отапливаемых помещениях при полном отключении подачи тепла

Коэффициент аккумуляции	Темп падения температуры, °С/ч при температуре наружного воздуха, °С			
	+/- 0	-10	-20	-30
20	0,8	1,4	1,8	2,4
40	0,5	0,8	1,1	1,5
60	0,4	0,6	0,8	1,0

Таблица 2.2

Коэффициенты аккумуляции тепла для жилых
и промышленных зданий

Характеристика зданий	Помещения	Коэффициент аккумуляции
1. Крупнопанельный дом серии 1-605А с 3-слойными наружными стенами, утепленными минераловатными плитами с железобетонными фактурными слоями: толщины 21 см, из них толщина утеплителя 12 см.	Угловые: верхнего этажа среднего и первого этажа средние	42 46 77
2. Крупнопанельный жилой дом серии К 7-3 (конструкции инженера Лагутенко) с наружными стенами толщиной 16 см, утепленными минераловатными плитами с железобетонными фактурными слоями	Угловые: верхнего этажа среднего и первого этажа средние	32 40 51
3. Дом из объемных элементов с наружными ограждениями из железобетонных вибропркатных элементов, утепленных минераловатными плитами. Толщина наружной стены 22 см, толщина утеплителя в зоне стыкования с ребрами 5 см, междуребрами 7 см. Общая толщина железобетонных элементов между ребрами 30 - 40 мм	Угловые верхнего этажа	40
4. Кирпичные жилые здания с толщиной стен в 2,5 кирпича и коэффициентом остекления 0,18-0,25	Угловые средние	65-60 100-65
5. Промышленные здания с незначительными внутренними тепловыделениями (стены в 2 кирпича коэффициент остекления 0,15 - 0,3)		25-14

Постановление 29.08.2022 №565 «Об утверждении расчета допустимого времени устранения аварийных нарушений в системе теплоснабжения жилых домов»: замораживание трубопроводов в подвалах, лестничных клетках и на чердаках зданий может произойти в случае прекращения подачи тепла при снижении температуры воздуха внутри жилых помещений до +8 °С.

Коэффициент аккумуляции характеризует величину тепловой аккумуляции зданий и зависит от толщины стен, коэффициента теплопередачи и коэффициента остекления.

На основании приведенных данных можно оценить время, имеющееся для ликвидации аварии или принятия мер по предотвращению лавинообразного развития аварий, т.е. замерзания теплоносителя в системах отопления зданий, в которые прекращена подача тепла.

Таблица 2.3

Расчет допустимого времени устранения аварийных нарушений в работе систем отопления жилых домов

Т _{нв} , °С	При коэффициенте аккумуляции 60		При коэффициенте аккумуляции 40	
	Темп падения Т _{вн} , °С/ч	Допустимое время на устранение аварийных нарушений, часов (время снижения температуры в квартирах с 18°С до 8°С)	Темп падения Т _{вн} , °С/ч	Допустимое время на устранения аварийных нарушений, часов (время снижения температуры в квартирах с 18°С до 8°С)
+0	0,4	30	0,5	10
-10	0,6	20	0,8	12,5
-20	0,8	15	1,1	9
-30	1,0	12	1,5	6,6

Время, имеющееся в запасе до остывания помещения до нормативного, можно определить двумя способами. К примеру, в отключенном в результате аварии квартале имеются здания, у которых коэффициент аккумуляции для углового помещения верхнего этажа равен 40 (исходя из табл. Характеристика здания). Если авария произошла при температуре наружного воздуха минус 20 °С, то по таблице 2.3 определяется темп падения температуры, равный 1,1 °С в час при данном коэффициенте аккумуляции. Время снижения температуры в квартире с плюс 18 до плюс 8 °С, при которой в подвалах и на лестничных клетках может произойти замерзание теплоносителя и труб, определится как $(18 - 8) / 1,1$ и составит 9 часов.

Или по формуле (2.1), в отключенном в результате аварии квартале имеются здания, у которых коэффициент аккумуляции для углового помещения верхнего этажа равен 40 часов. Если авария произошла при температуре наружного воздуха минус 20 °С, то из таблицы 2.1 следует, что время снижения температуры в квартире с плюс 18 °С до плюс 8 °С, при которой в подвалах и на лестничных клетках может произойти замерзание теплоносителя составит 12,2 часа. В случае необходимости используем способ интерполяции.

Если в результате аварии отключено несколько зданий, то определение времени, имеющегося в распоряжении на ликвидацию аварии или принятие мер по предотвращению развития аварии, производится по зданию, имеющему наименьший коэффициент аккумуляции.

Сравнение двух полученных коэффициентов тепловой аккумуляции позволяет сделать вывод о том, что проведение натурных испытаний по определению теплоаккумулирующей способности в соответствии с п. 9.3.25

«Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок» может быть ограничено только определением свойств ограждающих конструкций. На основании определения свойств ограждающих конструкций (неразрушающий контроль качества тепловой защиты здания) можно определить теоретическое значение коэффициента тепловой аккумуляции. При эксплуатации здания, когда помещения будут заполнены производственным оборудованием, мебелью и оргтехниккой, реальное значение коэффициента тепловой аккумуляции будет значительно выше, что подтверждено экспериментальными данными.

2.2.2. Выполнение задания 16

Расчет потерь теплоносителя на участке тепловой сети при возникновении аварийной ситуации. Для расчета потерь теплоносителя на участке тепловой сети при возникновении аварийной ситуации суммируются объемы воды во всех попавших под отключение участках сети (между задвижками).

Объем V_i каждого участка вычисляется по формуле:

$$V_i = \frac{L_i \times D_i^2 \times \pi}{4} \quad (2.3)$$

где L_i – длина участка, м; D_i – диаметр подающего (или обратного) трубопровода, м.

В соответствии с п. 6.22 СП 124.13330.2012 «Тепловые сети» на источниках теплоснабжения для компенсации потерь теплоносителя должна предусматриваться дополнительно аварийная подпитка химически не обработанной и не деаэрированной водой, расход которой принимается в количестве 2 % среднегодового объема воды в тепловой сети и присоединенных системах теплоснабжения независимо от схемы присоединения (за исключением систем горячего водоснабжения, присоединенных через водоподогреватели), если другое не предусмотрено проектными (эксплуатационными) решениями. При наличии нескольких отдельных тепловых сетей, отходящих от коллектора источника тепла, аварийную подпитку допускается определять только для одной наибольшей по объему тепловой сети. Для открытых систем теплоснабжения аварийная подпитка должна обеспечиваться только из систем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

2.3. Комментарии к заданию № 2

Отклонения от принятого режима работы тепловой сети, предполагают переход на работу тепловой сети в аварийный режим. Отклонения от расчетного режима работы тепловой сети могут быть вызваны аварийными

ситуациями, возникшими на тепловых источниках и тепловых сетях, а также при понижении температуры наружного воздуха ниже расчетных значений.

Работа тепловых сетей в аварийном режиме является временной мерой, необходимой для создания резерва времени для проведения аварийных работ на тепловых источниках или теплотрассах, пополнения запасов топлива на тепловых источниках. После окончания выполнения аварийных работ тепловые сети должны быть переведены в расчетный режим работы.

Постановление Правительства РФ от 2 июня 2022 г. № 1014 «О расследовании причин аварийных ситуаций при теплоснабжении» вступило в силу с 1 сентября 2022 г. и действует до 1 сентября 2028 г.

При этом устанавливают порядок расследования причин аварийных ситуаций при теплоснабжении на источниках тепловой энергии, тепловых сетях и теплопотребляющих установках потребителей тепловой энергии, за исключением:

а) аварий, расследование причин которых осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации об электроэнергетике;

б) аварий и инцидентов, расследование причин которых осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации в области промышленной безопасности.

Для целей настоящих Правил под аварийной ситуацией понимается технологическое нарушение, приведшее к разрушению или повреждению сооружений и (или) технических устройств (оборудования), полному или частичному ограничению режима потребления тепловой энергии.

Федеральный орган исполнительной власти (структурное подразделение федерального органа исполнительной власти), уполномоченный на осуществление федерального государственного энергетического надзора (далее уполномоченный орган), расследует причины аварийных ситуаций, которые привели:

а) к прекращению теплоснабжения потребителей в отопительный период на срок более 24 часов;

б) к разрушению или повреждению оборудования объектов, которое привело к выходу из строя источников тепловой энергии или тепловых сетей на срок 3 суток и более;

в) к разрушению или повреждению сооружений, в которых находятся объекты, которое привело к прекращению теплоснабжения потребителей.

Расследование причин аварийной ситуации начинается незамедлительно после принятия решения уполномоченным органом о расследовании и заканчивается в срок, не превышающий 20 календарных дней со дня принятия уполномоченным органом такого решения.

В случае необходимости срок проведения расследования причин аварийной ситуации продлевается соответствующим решением уполномоченного органа, при этом общий срок расследования не может превышать 65 календарных дней. В ходе расследования причин аварийной ситуации устанавливаются причины и предпосылки возникновения аварийной

ситуации, круг лиц, действия (бездействие) которых привели к возникновению аварийной ситуации, а также разрабатывается перечень противоаварийных мероприятий по устранению причин и предотвращению возникновения аварийных ситуаций на объектах (далее противоаварийные мероприятия).

Действия комиссии в ходе расследования причин аварийной ситуации оформляются протоколом, который подписывается председателем комиссии. Результаты расследования причин аварийной ситуации оформляются актом о расследовании причин аварийной ситуации по форме (далее акт расследования).

Учетные признаки аварийной ситуации, классификация видов оборудования и классификационные признаки организационных причин аварийной ситуации и технических причин повреждений оборудования указываются в акте расследования в соответствии с прил. 2 к Правилам расследования причин аварийных ситуаций при теплоснабжении.

Некоторые пункты протокола представлены в виде таблиц (пример).

2.1. Организация (обособленное структурное подразделение):

Полное наименование	ИНН	Субъект РФ

2.2. Дата и время возникновения аварийной ситуации:

____.____.20__ г., ____ ч. ____ м. (московское)

2.3. Учетные признаки аварийной ситуации:

Код	Содержание учетного признака

2.4. Классификация видов оборудования:

Код	Наименование вида оборудования	Собственник или иной законный владелец оборудования

2.5. Классификационные признаки причин аварийной ситуации:

Код	Наименование организационных причин аварийной ситуации

Код	Наименование технических причин аварийной ситуации

2.6. Дата и время ликвидации аварийной ситуации:

____.____.20__ г., ____ ч. ____ м. (московское).

Таблица 2.4

**Учетные признаки аварийной ситуации (из Приложения 2
к Правилам расследования причин аварийных ситуаций
при теплоснабжении)**

Содержание учетного признака аварийной ситуации		Код учетного признака
1.	Прекращение теплоснабжения потребителей в отопительный период на срок более 24 часов	1.1
2.	Разрушение или повреждение оборудования объектов, которое привело к выходу из строя источников тепловой энергии или тепловых сетей на срок 3 суток и более	1.2
3.	Разрушение или повреждение сооружений, в которых находятся объекты, которое привело к прекращению теплоснабжения потребителей	1.3
4.	Перерыв теплоснабжения потребителей на срок более 6 часов	1.4
5.	Снижение температуры теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети в отопительный период на 30 процентов и более по сравнению с температурным графиком системы теплоснабжения	1.5

Таблица 2.5

Классификация видов оборудования

	Виды оборудования	Код вида оборудования
1.	Котельное оборудование	2.1
2.	Вспомогательное теплотехническое оборудование котельной	2.2
3.	Электротехническое оборудование	2.3
4.	Оборудование топливного хозяйства котельной	2.4
5.	Здания и сооружения тепловых энергоустановок и сетей	2.5
6.	Устройства тепловой автоматики и измерений	2.6
7.	Теплотехническое оборудование центрального теплового пункта	2.7
8.	Трубопроводы тепловых сетей	2.8
9.	Системы управления оборудованием и средства диспетчерского контроля	2.9
10.	Индивидуальный тепловой пункт, системы отопления потребителей тепловой энергии	2.10
11.	Прочие виды оборудования	2.11

Таблица 2.6

Классификационные признаки организационных
причин аварийной ситуации

Организационные причины аварийной ситуации		Код организационных причин
1.	Ошибочные или неправильные действия (или бездействие) диспетчерского, оперативного или оперативно-ремонтного персонала	3.4.1
2.	Ошибочные или неправильные действия (или бездействие) персонала служб (подразделений) организации	3.4.2
3.	Ошибочные или неправильные действия (или бездействие) привлеченного персонала, выполняющего работу по договору	3.4.3
4.	Ошибочные или неправильные действия (или бездействие) собственного ремонтного или наладочного персонала организации	3.4.4
5.	Ошибочные или неправильные действия (или бездействие) руководящего персонала	3.4.5
6.	Неудовлетворительное качество производственных или должностных инструкций, других локальных документов организации	3.4.6
7.	Несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания, диагностирования или ремонта оборудования и устройств	3.4.7
8.	Воздействие посторонних лиц и организаций, не участвующих в технологическом процессе	3.4.8
9.	Превышение параметров воздействия стихийных явлений относительно условий проекта	3.4.9
10.	Воздействие повторяющихся стихийных явлений	3.4.10
11.	Дефекты (недостатки) проекта, конструкции, изготовления, монтажа	3.4.11
12.	Невыявленные причины	3.4.12
13.	Неклассифицированные причины	3.4.13
14.	Воздействие организаций, обеспечивающих электроснабжение	3.4.14
15.	Воздействие организаций, обеспечивающих производство или передачу тепловой энергии, теплоносителя	3.4.15

Таблица 2.7

Классификационные признаки технических причин
повреждений оборудования

Технические причины повреждений оборудования		Код технических причин
1.	Нарушение структуры материала	4.1
2.	Механический износ	4.2
3.	Нарушение механического соединения	4.3
4.	Внешнее механическое воздействие	4.4
5.	Золовой износ	4.5
6.	Коррозионный износ, эрозионный износ	4.6
7.	Нарушение герметичности	4.7
8.	Нарушение нормального вибросостояния	4.8
9.	Взрыв, загорание, пожар	4.9
10.	Термическое повреждение, перегрев, пережог	4.10
11.	Нарушение электроснабжения	4.11
12.	Нарушение электрической изоляции	4.12
13.	Нарушение электрического контакта, размыкание, обрыв цепи	4.13
14.	Механическое разрушение (повреждение), деформация, перекос	4.14
15.	Разрушение фундамента, строительных конструкций, ослабление крепления оборудования к фундаменту	4.15
16.	Исчерпание ресурса	4.16
17.	Загрязнение, попадание инородных предметов	4.17
18.	Дефект сварного соединения (шва)	4.18
19.	Повышение давления, гидравлический удар	4.19
20.	Невыявленные причины	4.20
21.	Неклассифицированные причины	4.21

2.4. Комментарии к заданию № 3

Наиболее вероятными причинами возникновения аварийных ситуаций в работе системы теплоснабжения могут послужить:

- неблагоприятные погодные-климатические явления (ураганы, смерчи, бури, сильные ветры, сильные морозы, снегопады и метели, обледенение и гололед);
- человеческий фактор (неправильные действия персонала);

- прекращение подачи электрической энергии, холодной воды, топлива на источник тепловой энергии, ЦТП, насосную станцию;
- внеплановый останов (выход из строя) оборудования на объектах системы теплоснабжения.

К перечню возможных последствий аварийных ситуаций (ЧС) на тепловых сетях и источниках тепловой энергии относятся:

- кратковременное нарушение теплоснабжения населения, объектов социальной сферы;
- полное ограничение режима потребления тепловой энергии для населения, объектов социальной сферы;
- причинение вреда третьим лицам;
- разрушение объектов теплоснабжения (котлов, ТС, котельных);
- отсутствие теплоснабжения более 24 часов (одни сутки).

Потребители тепловой энергии по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

1. Первая категория – потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества тепловой энергии и снижения температуры воздуха в помещениях, ниже предусмотренных ГОСТ 30494 (больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.).

2. Вторая категория – потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч:

- жилые и общественные здания до плюс 12 °С;
- промышленные здания до плюс 8 °С.

3. Третья категория – остальные потребители (у которых допускается снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварий до 3 °С).

Источники теплоснабжения по надежности отпуска тепла потребителям делятся на две категории:

- к первой категории относятся котельные, являющиеся единственным источником тепла системы теплоснабжения и обеспечивающие потребителей первой категории, не имеющих индивидуальных резервных источников тепла;
- ко второй категории - остальные источники тепла.

При авариях (отказах) в СЦТ в течение всего ремонтно-восстановительного периода должна обеспечиваться подача 100 % необходимой тепловой энергии потребителям 1-ой категории.

Для потребителей 1-ой категории допускается предусматривать местные резервные источники тепловой энергии (стационарные или передвижные) при отсутствии возможности резервирования от нескольких независимых источников тепла или тепловых сетей.

В качестве решения вопроса резервирования потребителей по тепловой энергии могут быть применены передвижные котельные установки.

Передвижная котельная установка представляет собой блок-модуль полной заводской готовности, установленный на шасси автомобиля. Котельная может работать на жидком, твёрдом топливе или электричестве.

В случае аварии у потребителей 1-ой категории передвижную котельную установку можно подключить за 2–3 часа и начать подавать тепло в здания.

2.5. Комментарии к заданию № 4

Способность проектируемых и действующих источников тепла, тепловых сетей и в целом систем центрального теплоснабжения (СЦТ) обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологических нужд предприятий в паре и горячей воде), следует определять по трем показателям (критериям):

- *безотказности (P)*, т.е. вероятности безотказной работы системы, ее способности не допускать отказов, приводящих к падению температуры в не угловых отапливаемых помещениях ниже плюс 4–12 °С, более установленного нормативом числа раз за 100 лет;

- *готовности (E)*, т.е. вероятности исправного состояния системы, ее готовности не допускать отказов, приводящих к падению температуры в не угловых отапливаемых помещениях ниже расчетной внутренней температуры, более установленного нормативом числа часов в год;

- *живучести ($Ж$)*, т.е. способности системы сохранять свою работоспособность в экстремальных условиях, а также после длительных остановов (более 54 часов).

1. **Безотказность.** При проектировании – это основной показатель соответствия предлагаемых в проекте технических решений нормативному требованию к безотказности. В эксплуатации – это показатель способности СЦТ к безотказной работе при текущем техническом состоянии СЦТ.

Вероятность безотказной работы P определяется по формуле:

$$P = e^{-\varpi} \quad (2.4)$$

где ϖ – плотность потока учитываемых отказов, сопровождающихся снижением подачи тепла потребителям:

$$\varpi = a \cdot m \cdot K_c \cdot d^{0,208} \quad (2.5)$$

где a – эмпирический коэффициент. При нормативном уровне безотказности $a = 0,00003$; m – эмпирический коэффициент потока отказов, полученный на основе обработки статистических данных. Принимается равным 0,5 при расчете безотказности и 1,0 при расчете готовности; d – диаметр

трубопровода, м; K_c – коэффициент, учитывающий старение (утрату ресурса) конкретного участка теплосети. При проектировании $K_c = 1$. Во всех других случаях коэффициент старения рассчитывается в зависимости от времени эксплуатации по формуле:

$$K_c = 3 \cdot I^{2,6} \quad (2.6)$$

$$I = \frac{n}{n_0} \quad (2.7)$$

где I – индекс утраты ресурса; n – возраст теплопровода, лет; n_0 – расчетный срок службы трубопровода, лет. Значения K_c при расчетном сроке службы трубопровода, например, 30 лет даны в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Индекс	Число лет эксплуатации	K_c
0,1	3	0,00754
0,2	6	0,04569
0,3	9	0,13111
0,4	12	0,27000
0,5	15	0,49482
0,6	18	0,79490
0,7	21	1,18680
0,8	24	1,67940
0,9	27	2,28114
1,0	30	3,00000

Нормативные минимально-допустимые показатели надежности установлены еще в 1976 году на Всесоюзной конференции по теплоснабжению в г. Минске. В частности, вероятность безотказной работы для:

- источника тепла – $p_{ит} = 0,97$ (3 отказа за 100 лет);
- тепловых сетей – $p_{тс} = 0,90$ (10 отказов за 100 лет);
- абонента – $p_{тп} = 0,99$ (1 отказ за 100 лет);
- СЦТ – $p_{тф} = 0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,86$ (14 отказов за 100 лет);

После десятилетней апробации в проектной практике на основе этих показателей был разработан и введен в действие СНиП 2.04.07-86 и взамен его

с 01.09.2003 СНиП «Тепловые сети». Заказчик вправе устанавливать более высокие показатели безотказности.

2. Готовность. При проектировании – это показатель соответствия проекта нормативному уровню готовности. В эксплуатации – это показатель

фактического состояния и готовности СЦТ к исправной работе. Готовность к исправной работе системы определяется по уравнению:

$$E_{\text{сцт}} = \frac{8760 - z_1 - z_2 - z_3 - z_4}{8760} \quad (2.8)$$

где z_1 – число часов ожидания неготовности СЦТ в период стояния нерасчетных температур наружного воздуха в данной местности. Определяется по климатологическим данным с учетом способности системы обеспечивать заданную температуру в помещениях; z_2 – число часов ожидания неготовности источника тепла. Принимается по среднестатистическим данным $z_2 < 50$ часов; z_3 – число часов ожидания неготовности тепловых сетей; z_4 – число часов ожидания неготовности абонента. Принимается по среднестатистическим данным $z_4 < 10$ часов.

Нормативный (минимально допустимый) показатель готовности к исправной работе, приведенный ниже, также принят в 1976 году на Всесоюзной конференции по теплоснабжению в г. Минске:

$$E_{\text{сцт}} = \frac{n_{\text{год}} - z_{\text{год}}}{n_{\text{год}}} = \frac{8760 - 264}{8760} = 0,97 \quad (2.9)$$

Заказчик вправе устанавливать более высокие показатели.

3. Одним из показателей, характеризующих надежность системы коммунального теплоснабжения, является соответствие тепловой мощности источников тепла и пропускной способности тепловых сетей расчетным тепловым нагрузкам потребителей (K_B)

Величина этого показателя определяется размером дефицита

до 10 % $K_B = 1,0$

св. 10 до 20 % $K_B = 0,8$

св. 20 до 30 % $K_B = 0,6$

св. 30 % $K_B = 0,3$

4. Одним из важнейших направлений повышения надежности систем коммунального теплоснабжения является резервирование источников тепла и элементов тепловой сети путем их кольцевания или устройства перемычек. Уровень резервирования (K_p) определяется как отношение резервируемой на уровне центрального теплового пункта (квартала; микрорайона) расчетной тепловой нагрузки к сумме расчетных тепловых нагрузок подлежащих резервированию потребителей, подключенных к данному тепловому пункту:

резервирование св. 90 до 100 % нагрузки $K_p = 1,0$

св. 70 до 90 % $K_p = 0,7$

св. 50 до 70 % $K_p = 0,5$

св. 30 до 50 % $K_p = 0,3$

менее 30 % $K_p = 0,2$

Согласно СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети» при проектировании тепловых сетей подземной прокладки в непроходных каналах и при бесканальной прокладке должно предусматриваться резервирование подачи тепла в зависимости от климатических условий и диаметров трубопроводов.

Таблица 2.9

Минимальный диаметр трубопровода, мм	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, град. Цельсия				
	-10	-20	-30	-40	-50
	Допускаемое снижение подачи тепла, %%				
300	х	х	х	х	50
400	х	х	х	50	60
500	х	х	50	60	70
600	х	50	60	70	80
700 и более	50	60	70	80	90

«х» - резервирование не требуется

Примечания:

Температура внутреннего воздуха в помещениях принята: +18 °С – для районов с расчетной температурой наружного воздуха для отопления выше минус 30 °С; +20 °С – для районов с расчетной температурой наружного воздуха для отопления ниже минус 30 °С. Коэффициент аккумуляции зданий принят равным 40.

5. При наличии нескольких источников тепла должна быть проанализирована возможность работы их на единую тепловую сеть. В этом случае при аварии на одном из источников тепла имеется возможность частичного обеспечения потребителей тепловой энергией из единой тепловой сети за счет других источников тепла. Надежность системы теплоснабжения может быть повышена путем устройства перемычек между магистральными сетями, проложенными радиально от одного или разных источников теплоты. Перемычки используются как в нормальном, так и в аварийном режимах работы. Наличие перемычек позволяет обеспечить беспереывное теплоснабжение и значительно снизить недоотпуск тепла при аварии. Количество и диаметры перемычек определяются исходя из режима резервирования при сниженном расходе теплоносителя в соответствии с табл.2.9. Практика эксплуатации показывает, что при замене мелких котельных крупными источниками тепла мелкие котельные, находящиеся в технически исправном состоянии, целесообразно оставлять в резерве.

6. Существенное влияние на надежность системы теплоснабжения имеет техническое состояние тепловых сетей, характеризуемое наличием ветхих, подлежащих замене трубопроводов (K_c) при доле ветхих сетей

до 10%	$K_c=1,0$
св. 10 до 20%	$K_c=0,8$
св. 20 до 30%	$K_c=0,6$
св. 30%	$K_c=0,5$

7. Показатель надежности конкретной системы теплоснабжения ($K_{над}$) определяется как средний по частным показателям. В зависимости от полученных показателей надежности отдельных систем и системы коммунального теплоснабжения города (населенного пункта) они с точки зрения надежности могут быть оценены как

высоконадежные при	$K_{над}$ – более 0,9;
надежные	$K_{над}$ – от 0,75 до 0,89;
малонадежные	$K_{над}$ – от 0,5 до 0,74;
ненадежные	$K_{над}$ – менее 0,5.

При планировании подготовки теплоснабжающих организаций к отопительному периоду необходимо оценить их готовность к проведению аварийно-восстановительных работ в системах коммунального теплоснабжения, которая базируется на показателях:

- укомплектованности ремонтным и оперативно-ремонтным персоналом;
- оснащенности машинами, специальными механизмами и оборудованием;
- наличия основных материально-технических ресурсов;
- укомплектованности передвижными автономными источниками электропитания для ведения аварийно-восстановительных работ.

Приказ Минэнерго России от 05.03.2019 №212 (ред. от 20.12.2022) «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения» (зарегистрировано в Минюсте России 15.08.2019 №55629) содержит определение показателей надежности теплоснабжения потребителя, присоединенного к тепловой сети системы теплоснабжения

В целях оценки показателей надежности теплоснабжения потребителя должны рассматриваться два уровня теплоснабжения потребителей - расчетный и пониженный (аварийный), характеризующийся подачей потребителям аварийной нормы тепловой энергии во время ликвидации отказов в резервируемой части тепловых сетей.

Отказ функционирования тепловых сетей характеризуется переходом тепловых сетей от более высокого на более низкий уровень функционирования и сопровождается снижением температуры воздуха внутри отапливаемых помещений потребителя ниже нормированного, минимально допустимого, который должен соответствовать расчетной температуре воздуха в здании (постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10 июня 2010 г. №64 «Об утверждении СанПиН 2.1.2.2645-10».

Надежность теплоснабжения должна оцениваться двумя вероятностными и одним детерминированным узловыми показателями, определяемыми за отопительный период для узлов расчетной схемы, к которым подключены потребители тепловой энергии.

Надежность расчетного уровня теплоснабжения должна оцениваться коэффициентами готовности K_j , определяемыми для каждого узла-потребителя и представляющими собой вероятности того, что в произвольный момент времени в течение отопительного периода в j -й узел будет обеспечена подача расчетного количества тепловой энергии.

Надежность пониженного уровня теплоснабжения потребителей должна оцениваться вероятностями безотказной работы P_j , определяемыми для каждого узла-потребителя и представляющими собой вероятности того, что в течение отопительного периода температура воздуха в зданиях не опустится ниже граничного значения.

8. Интенсивность отказов элементов теплосети с учетом времени его эксплуатации, $1/(\text{км} \cdot \text{ч})$.

$$\lambda = \lambda_{нач} \cdot (0,1 \cdot \tau_{эспл})^{\alpha-1} \quad (2.10)$$

где $\lambda_{нач}$ — начальная интенсивность отказов теплопровода, соответствующая периоду нормальной эксплуатации, $1/(\text{км} \cdot \text{ч})$; $\tau_{эспл}$ — продолжительность эксплуатации участка, лет; α — коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации участка.

Значение начальной интенсивности отказов теплопровода должно приниматься равным $5,7 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/(\text{км} \cdot \text{ч})$. Начальная интенсивность отказов должна соответствовать периоду нормальной эксплуатации нового теплопровода после периода приработки.

$$\alpha = \begin{cases} 0,8 & \text{при } 0 < \tau_{эспл} \leq 3 \\ 1 & \text{при } 3 < \tau_{эспл} \leq 17 \\ 0,5 \cdot e^{\left(\frac{\tau_{эспл}}{20}\right)} & \text{при } \tau_{эспл} > 17 \end{cases} \quad (2.11)$$

9. Параметр потока отказов участков тепловой сети, $1/\text{ч}$.

$$\varpi = \lambda \cdot L \quad (2.12)$$

где L — длина участка тепловой сети или ее участка, км.

10. Среднее время до восстановления участков теплосети, часов.

$$z_{\theta} = a \cdot (1 + (b + c \cdot L_{сз}) \cdot d^{1,2}) \quad (2.13)$$

где $L_{сз}$ – расстояние между секционирующими задвижками (СЗ), км; d – диаметр теплопровода, м.

Значения коэффициентов a , b , c для формулы (2.13), приведенные в таблице 2.10, получены на основе численных значений времени восстановления теплопроводов в зависимости от их диаметров, рекомендуемых СНиП 41-02-2003.

Таблица 2.10

Значения коэффициентов

Коэффициент	a	b	c
Значение	2.91256074780734	20.8877641154199	-1.87928919400643

Расстояния L между СЗ должны соответствовать требованиям СНиП 41–02–2003 (п.10.17) и приниматься в соответствии с таблицей 2.11.

Таблица 2.11

Расстояние между СЗ и место их расположения

Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
	ответвлений нет	ответвления есть	ответвлений нет	ответвления есть
до 0,4	1000	непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м
от 0,4 до 0,6	1500	непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 1500 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м
от 0,6 до 0,9	3000	непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 3000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м)	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м)
более 0,9	5000	непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 5000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м, 3000 м)	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м, 3000 м)

11. Интенсивность восстановления элементов тепловой сети, 1/ч.

$$\mu = \frac{1}{Z_{\epsilon}} \quad (2.14)$$

По показателю безотказности при проектировании тепловых сетей следует определять:

по тепловым сетям:

- допустимость проектирования радиальных (лучевых) теплотрасс и в случае необходимости – места размещения резервных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;
- предельно допустимую длину не резервированных участков теплопроводов до каждого потребителя или теплового пункта;
- достаточность диаметров, выбираемых при проектировании новых или реконструируемых существующих теплопроводов, для обеспечения резервной подачи тепла потребителям при отказах;
- необходимость применения на конкретных участках по условию безотказности надземной или тоннельной прокладок, имея в виду, что эти виды прокладок при протяженности менее 5 км, считаются достаточно надежными;
- достаточность запаса прочности теплопроводов надземной прокладки при отказах и вынужденных опорожнениях в период нерасчетных похолоданий.

по потребителям тепла:

- необходимость проведения работ по дополнительному утеплению зданий;
- способы резервирования теплоснабжения для потребителей 1 категории.

по источнику тепла:

- достаточность установленной тепловой мощности для прохождения длительных нерасчетных похолоданий и требуемых температур в помещениях при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления (совместно с расчетом коэффициента готовности).

2.6. Структура курсовой работы (проекта)

I. Пояснительная записка

Содержание.

Введение (актуальные или нормативные сведения об аварийных ситуациях и необходимости их локализации).

Расчетная часть (расчеты с пояснениями, ссылками на используемые нормативы, таблицы, пункты, формулы с пояснениями):

1. Определение запаса времени на устранение аварии.
2. Определение объема потерь теплоносителя.
3. Классификация аварийной ситуации.
4. Определение нормативного срока устранения аварии.

5. Определение надежности участка сети.

Заключение (охарактеризовать кратко рассматриваемую сеть с точки зрения полученных расчетов, дать необходимые рекомендации).

Список используемой литературы.

В случае необходимости выполнения курсового проекта к расчетно-пояснительной записке добавляется графическая часть.

II. Состав графической части (A1)

1. Схема участка сети согласно варианта задания (узел, с указанием аварийного участка трассы – выделить условно цветом).

2. Схема установки машин и механизмов по сети при ремонте или строительстве (экскаватор, бульдозер, автокран, сварочный аппарат, компрессор, складирование труб, изоляционный участок и т.д. произвольно).

3. Таблица с техническими характеристиками выбранных машин или механизмов (одна любая).

4. Таблица с расчетными сведениями по пояснительной записке (любые сведения, можно в виде таблицы).

5. Как вариант можно добавить схему типовой серии дома согласно таблице задания «Характеристика и тип зданий».

3. ВАРИАНТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Выбор варианта осуществляется согласно последним цифрам шифра зачетной книжки если иное не задано преподавателем, возможен также согласно номера из списка группы или заданию преподавателя, по согласованию с преподавателем.

Дисциплиной предусмотрено выполнение курсовой работы (проекта) по варианту из таблицы и самостоятельной работы – выполнение презентации.

Под энергетическими сетями можно понимать сети электроснабжения (электрические), сети теплоснабжения (тепловые водяные и паровые), газовые сети, особенно под высоким давлением, идущие на промобъекты. Это все то, что способствует транспорту и выработке энергии, является жизнеобеспечением населенных мест и промышленных объектов и характеризуется значительной потенциальной опасностью.

Главными требованиями к энергетическим сетям являлись и являются обеспечение надёжности, безопасности и бесперебойности работы. Для обеспечения и поддержания этих требований, а также быстрой и эффективной ликвидации последствий аварийных ситуаций необходимо знать и уметь работать с нормативно-технической литературой.

Таблица 3.1

Задания по дисциплине

№ № п/п	ФИО	Номер варианта КР (КП)	Тема презентации	Прим.
1	ФИО2	1	Восстановление элементов и оборудования тепловых пунктов после аварий	
2	ФИО2	2	Восстановление сетей теплоснабжения после аварий	
3	ФИО3	3	Основные причины аварий на объектах газоснабжения	
4	ФИО4	4	Нормативная документация при авариях на системах теплоснабжения	
5	ФИО5	5	Основные причины аварий в котельных и их устранение	
6	ФИО6	6	Основные причины аварий на объектах теплоснабжения и их устранение	
7	ФИО7	7	Нормативная документация при авариях на системах газоснабжения	
8	ФИО8	8	Локализация аварий	
9	ФИО9	9	Технологическая карта и порядок действия аварийных бригад при ликвидации аварий на тепловых сетях	
10	ФИО10	10	Нормативная документация при авариях на источниках теплоты	
11	ФИО11	11	Технико-экономические показатели при ликвидации аварий и восстановлении сетей энергоснабжения	
12	ФИО12	12	Порядок работ и действий при восстановлении сетей энергоснабжения после аварий	
13	ФИО13	13	Нормативы при ликвидации аварий на сетях энергоснабжения	
14	ФИО14	14	Аварийно-восстановительные работы на сетях газоснабжения	
15	ФИО15	15	Аварийно-восстановительные работы на электрических сетях	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краснов В.И. Монтаж газораспределительных систем. – М.: Инфра-М, 2023. – 309 с.
2. Краснов В.И. Справочник монтажника водяных тепловых сетей. Учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2015. – 334 с.
3. Расторгин М.А. Линейных и технологических трубопроводов. – Ставрополь: ООО «Ставропольбланкиздат», 2010. – 376 с.
4. Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах РФ от 06.09.2000 №203. – Москва, 2000.– 68 с.
5. Постановление Правительства РФ от 2 июня 2022 г. №1014 «О расследовании причин аварийных ситуаций при теплоснабжении».
6. Приказ Минэнерго России от 05.03.2019 №212 (ред. от 20.12.2022) «Об утверждении Методических указаний по разработке схем теплоснабжения».
7. Постановление 29.08.2022 №565 «Об утверждении расчета допустимого времени устранения аварийных нарушений в системе теплоснабжения жилых домов».
8. Методические указания по разработке схем теплоснабжения, утвержденные совместным приказом Минэнерго России и Минрегион России от 29 декабря 2012 г. №565/667 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке схем теплоснабжения».
9. СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»
10. СНиП 41-02-2003 «Газоснабжение».
11. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10 июня 2010 г. № 64 «Об утверждении СанПиН 2.1.2.2645-10» с изменениями от 27 декабря 2010 г.
12. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПОСЛЕ АВАРИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к практическим занятиям и выполнению курсовой работы
для студентов магистратуры направления подготовки
13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
(программа «Теплоэнергетика и теплотехника»)
всех форм обучения*

Составители:

Петрикеева Наталья Александровна,
Тульская Светлана Геннадьевна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 23.04.2024.

Уч.-изд. л. 1,6.

ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет
394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84