

СОГЛАСОВАНО:

Глава г.Заринска

Азгалдан В.Ш.

« 20 » 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор ООО «ЖКУ»

Лаговский А.В.

« 20 » 2025 г.

**ПЛАН  
ликвидации аварийных ситуаций  
в системах теплоснабжения г.Заринска**

Настоящий План разработан в целях обеспечения надёжности теплоснабжения, а также обеспечения безопасной эксплуатации объектов теплоснабжения, эксплуатируемых ООО «ЖКУ», в соответствии с:

- статьёй 3 и частью 4 статьи 20 Федерального закона №190-ФЗ «О теплоснабжении» от 27.07.2010 г. (далее ФЗ-190);
- «Правилами организации теплоснабжения в Российской Федерации», утверждёнными Постановлением правительства №808 от 08.08.2012 г. «Об организации теплоснабжения в Российской Федерации».
- п.6.2.64 «Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок», утверждённых приказом Минэнерго России №115 от 24.03.2003 г. (далее Правила №115);
- п.6.180 «Типовой инструкции по технической эксплуатации тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения», утверждённой приказом Госстроя России №285 от 13.12.2000 г. (далее Типовая инструкция);
- ГОСТР 22.2.14 – 2023 «План действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций организации»;
- СП 124.13330.2012 «Свод правил. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003» (с изменениями, далее СП 124);
- «Правилами обеспечения готовности к отопительному периоду» и «Порядком проведения оценки обеспечения готовности к отопительному периоду», утверждёнными приказом Минэнерго России №2234 от 13.11.2024 г. (далее Правила №2234);
- разделом 10 СТО 70238424.27.010.004-2009 «Тепловые сети. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования»;
- постановлением главы администрации г.Заринска №896 от 14.10.2024 г. «Об утверждении порядка ликвидации аварийных ситуаций в системах теплоснабжения с учётом взаимодействия тепло-, электро-, топливно- и водоснабжающих организаций, потребителей тепловой энергии на территории муниципального образования город Заринск Алтайского края».

## **1. Общие положения**

1.1. В настоящем Плате используются следующие основные понятия:

"коммунальные услуги" - деятельность исполнителя коммунальных услуг по холодному водоснабжению, горячему водоснабжению, водоотведению, электроснабжению и отоплению, обеспечивающая комфортные условия проживания граждан в жилых помещениях, благоприятные и безопасные условия использования жилых и нежилых помещений, общего имущества в МКД.

"исполнитель" - юридическое лицо, независимо от организационно-правовой формы, а также индивидуальный предприниматель, предоставляющие коммунальные услуги, производящие или приобретающие коммунальные ресурсы и отвечающие за обслуживание внутридомовых инженерных систем, с использованием которых

потребителю предоставляются коммунальные услуги;

Исполнителем могут быть: управляющая организация, товарищество собственников жилья, жилищно-строительный, жилищный или иной специализированный потребительский кооператив, а при непосредственном управлении многоквартирным домом собственниками помещений - иная организация, производящая или приобретающая коммунальные ресурсы,

"потребитель" - гражданин, использующий коммунальные услуги для личных, семейных, домашних и иных нужд, не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности;

"управляющая организация" - юридическое лицо, независимо от организационно-правовой формы, а также индивидуальный предприниматель, управляющие многоквартирным домом на основании договора управления многоквартирным домом;

"ресурсоснабжающая организация" - юридическое лицо, независимо от организационно-правовой формы, осуществляющие продажу коммунальных ресурсов;

"коммунальные ресурсы" - холодная вода, горячая вода, электрическая энергия, тепловая энергия, твердое топливо, используемые для предоставления коммунальных услуг. К коммунальным ресурсам приравниваются также сточные бытовые воды, отводимые по централизованным сетям инженерно-технического обеспечения;

«квартальные тепловые сети» - распределительные тепловые сети внутри кварталов городской застройки;

«магистральные тепловые сети» - тепловые сети (со всеми сопутствующими конструкциями и сооружениями), транспортирующие горячую воду, от выходной запорной арматуры (исключая ее) источника теплоты (ТЭЦ АО «Алтай-Кокс», котельные «Теремок», «База», «Гостиница», «Лесокомбинат») до первой запорной арматуры (включая ее) в тепловых пунктах.

«распределительные тепловые сети» - наружные тепловые сети от тепловых пунктов до зданий, сооружений, в том числе от центрального теплового пункта до индивидуального теплового пункта.

«тепловой пункт» - сооружение с комплектом оборудования, позволяющее изменить температурный и гидравлический режимы теплоносителя, обеспечить учет и регулирование расхода тепловой энергии и теплоносителя.

"тепловая сеть" - совокупность устройств, предназначенных для передачи и распределения тепловой энергии потребителям;

"технологические нарушения" - нарушения в работе тепловых сетей, которые в зависимости от характера и тяжести последствий (воздействия на персонал, отклонения параметров энергоносителя, экологического воздействия, объемов повреждения оборудования, других факторов снижения надежности) подразделяются на аварии и инциденты, включая:

- "технологический отказ" - вынужденное отключение или ограничение работоспособности оборудования, повреждение зданий и сооружений, приведшие к нарушению процесса передачи тепловой энергии потребителям, если они не содержат признаков аварии;

- "функциональный отказ" - повреждение зданий, сооружений, оборудования (в том

числе резервного и вспомогательного), не повлиявшие на технологический процесс передачи энергии, а также неправильное действие защит и автоматики, ошибочные действия персонала, если они не привели к ограничению потребителей и снижению качества отпускаемой тепловой энергии;

«узел ввода» - устройство с комплектом оборудования, позволяющее осуществлять контроль параметров теплоносителя в здании или секции здания или сооружения, а также, при необходимости, осуществлять распределение потоков теплоносителя между потребителями.

Применены следующие сокращения

АВБ - аварийно-восстановительная бригада;  
АДС - аварийно-диспетчерская служба;  
АСУ - автоматизированная система управления;  
НТД - нормативно-техническая документация;  
ОЭТС - организация, эксплуатирующая тепловые сети;  
ПТЭ - правила технической эксплуатации;  
ППБ - правила пожарной безопасности;  
СИ - средства измерений;  
СЦТ - система централизованного теплоснабжения;  
ТО - техническое обслуживание;  
ЦТП - центральный тепловой пункт;  
ЭСО - энергоснабжающая организация;  
ЗРА - запорно-регулирующая арматура.

1.2. Потребители тепловой энергии по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

первая категория - потребители, в отношении которых не допускается перерывов в подаче тепловой энергии и снижения температуры воздуха в помещениях ниже значений, предусмотренных техническими регламентами и иными обязательными требованиями больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей;

вторая категория - потребители, в отношении которых допускается снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч:

жилых и общественных зданий до 12 °С;

промышленных зданий до 8 °С;

третья категория - остальные потребители.

1.3. 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.

1.4. Авариями в тепловых сетях считаются:

- разрушение (повреждение) зданий, сооружений, трубопроводов тепловой сети в период отопительного сезона при отрицательной среднесуточной температуре наружного воздуха, восстановление работоспособности, которых продолжается более 36 часов;

- повреждение трубопроводов тепловой сети, оборудования насосных станций, тепловых пунктов, вызвавшее перерыв теплоснабжения потребителей первой категории

(по отоплению) на срок более 8 часов, прекращение теплоснабжения или общее снижение более чем на 50% отпуска тепловой энергии потребителям продолжительностью более 16 часов.

При подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканальной прокладке величина подачи теплоты (%) для обеспечения внутренней температуры воздуха в отапливаемых помещениях не ниже 12 °С в течение ремонтно-восстановительного периода после отказа принимается для значения -40°С с максимальным снижением для потребителей до уровня 60% по следующей таблице:

Диаметр труб тепловых сетей, мм	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_0$ , °С				
	минус 10	минус 20	минус 30	минус 40	минус 50
	Допускаемое снижение подачи теплоты, %, до				
До 300	32	50	60	59	64
(в ред. Изменения N 2, утв. Приказом Минстроя России от 27.12.2021 N 1021/пр)					
400	41	56	65	63	68
500	49	63	70	69	73
600	52	68	75	73	77
700	59	70	76	75	78

1.5. Авариями в многоквартирных жилых домах, находящихся в непосредственном управлении или на обслуживании управляющих организаций, оказывающих услуги и (или) выполняющих работы по содержанию и ремонту общего имущества многоквартирного жилого дома считаются:

- разрушение (повреждение) зданий, сооружений, инженерных сетей внутридомового имущества (сетей теплоснабжения в период отопительного сезона при отрицательной среднесуточной температуре наружного воздуха, восстановление работоспособности, которых продолжается более 36 часов);

- повреждение трубопроводов водопроводной сети, вызвавшее перерыв водоснабжения потребителей на срок более 8 часов, прекращение водоснабжения или общее снижение более чем на 50% отпуска воды потребителям продолжительностью более 16 часов;

- разрушение (повреждение) основного электрооборудования, а также неисправности оборудования и линий электропередач, вызвавшие перерыв электроснабжения одного и более потребителей второй категории продолжительностью более 10 часов, если нарушение электроснабжения произошло по вине персонала управляющей организации, оказывающих услуги и (или) выполняющих работы по содержанию и ремонту общего имущества многоквартирного жилого дома.

Системы централизованного теплоснабжения эксплуатируются из условия восстановления теплоснабжения при технологических нарушениях на тепловых сетях в сроки, указанные в следующей таблице.

Диаметр труб тепловых сетей, мм	Время восстановления теплоснабжения, ч
До 300	15

400	18
500	22
600	26
700	29

1.6. Задачей персонала ООО «ЖКУ» при возникновении технологического нарушения (повреждения) в тепловой сети является возможно быстрое обнаружение повреждения и ограничение его распространения (локализация), срочный ремонт или замена вышедших из строя трубопроводов и оборудования, восстановление в кратчайший срок нормального теплоснабжения потребителей тепловой энергии.

Наиболее характерным признаком возникновения технологического нарушения (далее повреждения) в тепловой сети является понижение давления в трубопроводах, для поддержания которого требуется многократное увеличение подпитки (в три-четыре раза и более нормальной).

1.7. Независимо от масштаба повреждения и величины утечки в течение всего периода отыскания места повреждения необходимо поддерживать нормальный эксплуатационный гидравлический режим тепловой сети и температуру воды. Для этого должны использоваться все подпиточные средства, в том числе подпитка сети технической недеаэрированной водой.

1.8. При вынужденном длительном отключении отопительных систем при низкой температуре наружного воздуха для предотвращения их замерзания необходимо обеспечить своевременное полное освобождение их от воды (полное опорожнение). При отключении в зимнее время участков тепловой сети необходимо обеспечить полное их опорожнение, обращая особое внимание на спуск воды из дренажных устройств, наиболее подверженных замерзанию.

1.9. Ответственный руководитель работ по ликвидации аварии обязан предупредить, а при необходимости вызвать ответственных представителей других организаций, имеющих подземные коммуникации в месте повреждения, и согласовать с ними, а также с Комитетом по архитектуре администрации г.Заринска проведение земляных работ, необходимое для ликвидации повреждения.

1.10. Работы по ликвидации технологического нарушения в отопительный период ведутся круглосуточно.

## 2. Возможные сценарии возникновения аварийных ситуаций в СЦТ

2.1. Основными причинами прекращения теплоснабжения являются:

- порыв (разгерметизация) трубопроводов;
- устранение обнаруженных дефектов на тепловых сетях (ТС);
- износ насосного и котельного оборудования на источниках тепловой энергии и ЦТП;
- повреждение оборудования и ТС внешним воздействием;
- отключение электроснабжения на источниках тепловой энергии.

2.2. Наихудшим возможным развитием ситуации на магистральных тепловых сетях является возникновение аварийной ситуации в следующих случаях:

2.2.1. Температура наружного воздуха за последнюю пятидневку держится ниже расчётной (-35 °С).

2.2.2. Значительное повреждение (разрушение) котельного или насосного оборудования источника теплоснабжения (ТЭЦ АО «Алтай-Кокс») с прекращением обеспечения циркуляционного и гидравлического режима подачи теплоносителя.

2.2.3. Произошла разгерметизация подающего трубопровода Ду 700 мм магистрального трубопровода «ТЭЦ – Город» в труднодоступном месте со сложным рельефом в районе между павильонами №2 и №3.

2.2.4. Произошла разгерметизация подающего трубопровода Ду 700 мм магистрального трубопровода по ул.Таратынова в районе дома №3.

2.2.5. Произошло полное отключение электроснабжения подкачивающих насосных станций ПНС-1 или ПНС-2.

2.2.6. Осуществление террористического акта с повреждением всех трёх ниток магистральной тепловой сети «ТЭЦ – Город».

2.3. Наихудшим возможным развитием ситуации на распределительных внутриквартальных тепловых сетях многоэтажной застройки (1, 2, 3, 3а, 4 микрорайоны), на распределительных тепловых сетях котельных «База», «Гостиница», «Теремок», «Лесокомбинат», находящихся в эксплуатационной ответственности ООО «ЖКУ», а также на распределительных сетях ЦТП «РАПС», «Протон», «Элеватор», является возникновение аварийной ситуации в следующих случаях:

2.3.1. Температура наружного воздуха за последнюю пятидневку держится ниже расчётной (-35 °С).

2.3.2. Произошла разгерметизация подающего подземного трубопровода первого контура теплоснабжения Ду 200 - 250 мм под проезжей частью дороги с асфальтобетонным покрытием на участках вблизи ЦТП.

2.3.3. Произошло полное отключение электроснабжения котельных, теплопунктов «РАПС», «Протон», «Элеватор», обеспечивающих циркуляционный и гидравлический режим подачи теплоносителя второго контура.

2.3.4. Значительное повреждение котельного или насосного оборудования на объектах, указанных в п.2.3.3.

2.3.5. Пожар в котельной со значительными повреждениями (разрушениями) конструктивных элементов (перекрытий, несущих стен) здания.

### **3. Этапы организация работ по ликвидации аварий**

3.1. **Первый этап** - принятие экстренных мер по локализации и ликвидации последствий аварий силами АДС и ЦТС ООО «ЖКУ» и передача информации (оповещение) через Единую дежурно-диспетчерскую службу муниципального образования город Заринск с подведомственной территорией (далее - ЕДДС) руководителям администрации города Заринска, взаимодействующих структур и органов повседневного управления силами и средствами, привлекаемых к ликвидации аварийных ситуаций.

**Второй этап** - принятие решения о вводе режима аварийной ситуации и оперативное планирование действий.

**Третий этап** - организация проведения мероприятий по ликвидации аварий и первоочередного жизнеобеспечения пострадавшего населения.

#### **Оперативная часть реализации этапов ликвидации аварий.**

3.1.1. Лицо, заметившее признаки аварийной ситуации, немедленно сообщает о случившемся диспетчеру АДС (аварийно-диспетчерская служба) ООО «ЖКУ» по телефону 4-37-85, 8-983-184-74-27.

3.1.2. Дежурный диспетчер АДС:

а) немедленно ставит в известность:

- начальника смены АДС и технического директора;

- по согласованию с техническим директором оповещает дежурного главного штаба управления (начальник смены ТЭЦ АО «Алтай-Кокс») по телефону 5-37-00;
- по согласованию с техническим директором оповещает оперативного дежурного ЕДДС г.Заринска по телефону: 112, 4-53-87, 7-44-44.
- вызывает на место аварии начальника ЦТС, мастера.

#### 3.1.3. Начальник смены АДС:

- а) немедленно выезжает с аварийной бригадой на место аварии для уточнения места, характера и объемов повреждений;
- б) организует оповещение ответственных лиц, согласно списка и схемы оповещения;
- в) принимает меры по отключению поврежденного участка и локализации аварийной ситуации.

3.1.4. Начальник ЦТС принимает меры по организации и проведению ремонтных аварийно-восстановительных работ. Привлекает необходимые силы и средства в зависимости от степени аварийной ситуации.

3.2. Координацию работ по ликвидации аварии **на муниципальном уровне** осуществляет Комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности администрации города Заринска (далее - Комиссия), утвержденная постановлением администрации города, **на объектовом уровне** сетей и сооружений, находящихся в эксплуатационной ответственности ООО «ЖКУ» – генеральный директор (по его решению полномочия ответственного руководителя работ могут быть делегированы техническому директору).

### 3.3. Первый этап:

3.3.1. При возникновении аварийных ситуаций, старший по должности из числа оперативно-дежурного персонала обязан:

- составить общую картину характера, места, размеров технологического нарушения;
- отключить и убедиться в отключении поврежденного оборудования, трубопроводов и принять меры к отключению оборудования, работающего в опасной зоне;
- организовать предотвращение развития технологического нарушения;
- принять меры к обеспечению безопасности персонала, находящегося в опасной зоне;
- немедленно организовать первую помощь пострадавшим и при необходимости их доставку в медицинские учреждения;
- сообщить о произошедшем нарушении в ЕДДС;
- сохранить до начала расследования обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью других лиц и не ведет к продолжению развития аварии, а в случае невозможности ее сохранения, зафиксировать сложившуюся обстановку (сделать фотографии).

3.3.2. Самостоятельные действия обслуживающего оперативного персонала не должны противоречить требованиям действующих инструкций с обеспечением:

- сохранности жизни людей;
- сохранности оборудования;
- своевременного восстановления нормального режима работы системы теплоснабжения.

### 3.4. Второй этап:

3.4.1. Проводится уточнение характера и масштабов аварийной ситуации, сложившейся обстановки и прогнозирование ее развития.

3.4.2. Разрабатывается план-график проведения работ и решение о вводе режима аварийной ситуации. Решение о введении режима ограничения или отключения подачи теплоносителя потребителям при аварии принимается Председателем Комиссии (главой администрации города) по согласованию с руководителем теплоснабжающей организации (ООО «ЖКУ»).

3.4.3. Определяется достаточность привлекаемых к ликвидации аварии сил и средств.

3.4.4. По мере необходимости привлекаются остальные имеющиеся силы и средства.

3.4.5. Все сообщения, получаемые в процессе функционирования тепло-, водо-, электроснабжающих организаций, генерирующих организаций, исполнителей коммунальных услуг, потребителей тепловой энергии фиксируются в соответствующих журналах с отметкой времени получения информации и фамилии лиц, передавших (получивших) сообщения.

3.4.6. Общую координацию действий указанных выше лиц, осуществляет оперативный дежурный ЕДДС. Обо всех аварийных ситуациях на котельных и сетях оперативный дежурный ЕДДС извещает главу администрации (или назначенное им должностное лицо).

### 3.5. Третий этап:

3.5.1. Проводятся мероприятия по ликвидации аварии и организации первоочередного жизнеобеспечения населения;

3.5.2. При аварийных ситуациях в помещениях собственников многоквартирных домов, связанных с угрозой размораживания системы отопления, исполнители коммунальных услуг (управляющие компании) по требованию ООО «ЖКУ» организуют своевременный слив теплоносителя из системы отопления МКД.

3.5.3. После ликвидации аварийной ситуации готовится решение об отмене режима аварийной ситуации.

## 4. Порядок оповещения при возникновении аварийной ситуации

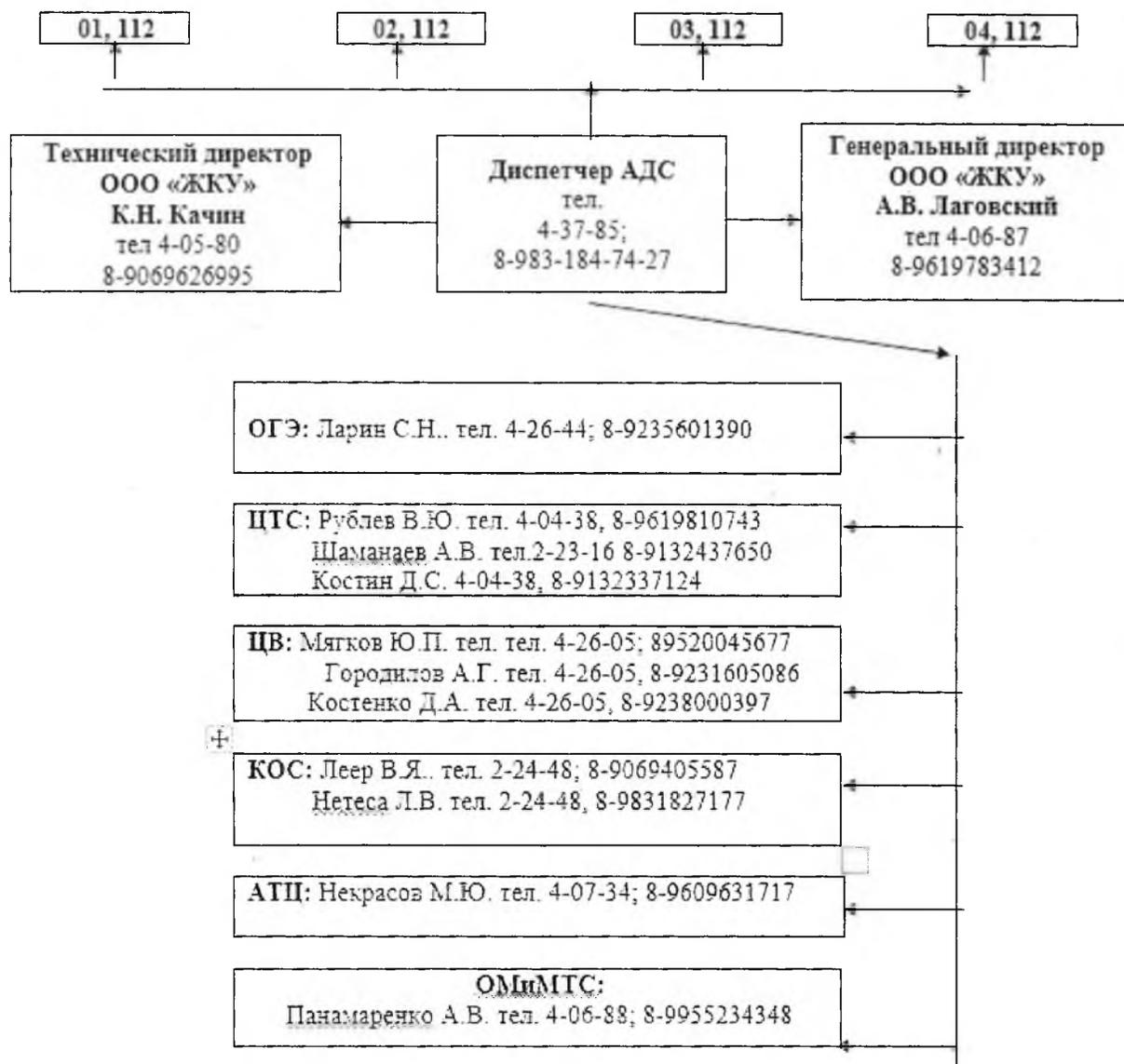
### 4.1. На муниципальном уровне:

№ п/п	Наименование аварийных ситуаций	Срок исполнения	Исполнитель
1	2	3	4
1	При поступлении информации (сигнала) в оперативно-диспетчерские службы электро-, водо-, теплоснабжающих и генерирующих организаций об аварийной ситуации: - определение объема последствий аварийной ситуации (жилых домов, котельных, водозаборов, учреждений здравоохранения, учреждений с круглосуточным пребыванием маломобильных групп населения); - принятие мер по бесперебойному обеспечению теплом и электроэнергией объектов жизнеобеспечения населения муниципального образования - организация работ по восстановлению линий систем ресурсообеспечения при авариях на них; - принятие мер для обеспечения электроэнергией учреждений здравоохранения, учреждений с круглосуточным пребыванием маломобильных групп населения	немедленно	Оперативно-диспетчерские и аварийно-восстановительные службы, руководители электро-, водо-, теплоснабжающих и генерирующих организаций
2	При поступлении сигнала в ЕДДС об аварийной ситуации: Доведение информации до первого		Оперативный дежурный

	заместителя главы города Заринска и председателя Комиссии	Немедленно	ЕДДС
	Сбор членов Комиссии	1 час 30 мин	
3	Организация работы Комиссии	2 часа 30 мин.	Председатель Комиссии
4	Проведение анализа по устойчивости функционирования систем отопления в условиях критически низких температур при отсутствии энергоснабжения и предоставление рекомендаций по плану ликвидации аварийной ситуации в администрацию и Комиссию	2 часа	Руководители теплоснабжающей и генерирующей организаций
5	Задействование сил и средств для предупреждения возможных аварий на объектах очистных сооружений	2 часа 30 мин.	Руководитель водоснабжающей организации
6	При необходимости выезд Комиссии на место аварии. Проведение анализа обстановки, определение возможных последствий аварии и необходимых сил и средств для ее ликвидации. Определение количества предприятий с безостановочным циклом работ, учреждений здравоохранения, учреждений с круглосуточным пребыванием маломобильных групп населения, попадающих в зону аварийной ситуации	2 часа 00 мин. – 3 часа 00 мин.	Председатель Комиссии
7	Организация круглосуточного дежурства руководства города Заринска	2 часа 00 мин.	Председатель Комиссии
8	Оповещение населения об аварийной ситуации (при необходимости)	3 часа 00 мин.	Председатель Комиссии
9	Организация сбора и обобщения информации: - о ходе развития аварии и проведения работ по ее ликвидации; - о состоянии безопасности объектов ресурсообеспечения поселения; - о состоянии котельных, тепловых пунктов, систем энергоснабжения	через каждые 1 час (в течение первых суток) 2 часа (в последующие сутки)	Оперативный дежурный ЕДДС
10	Организация контроля за устойчивой работой объектов и систем ресурсоснабжения	постоянно, в ходе ликвидации аварии	Руководители электро-, водо-, теплоснабжающих и генерирующих организаций
11	Проведение мероприятий по обеспечению общественного порядка и обеспечение беспрепятственного проезда спецтехники в район аварии	3 часа 00 мин.	МО МВД России «Заринский»
12	Доведение информации до членов Комиссии о ходе работ по ликвидации аварии и необходимости привлечения дополнительных сил и средств	3 часа 00 мин.	Председатель Комиссии
13	Привлечение дополнительных сил и средств, необходимых для ликвидации аварии	по решению Комиссии	

## 4.2. На объектовом уровне:

Схема оповещения при возникновении аварийных ситуаций



Список должностных лиц, подразделений, которые должны быть немедленно извещены дежурным диспетчером (АДС) организации об аварийной ситуации

№	Занимаемая должность	Ф.И.О.	Номера телефона	Домашний адрес
1	Генеральный директор	Лаговский Александр Викторович	прием.4-0000 8-9619783412	Таратынова ул, дом 1, квартира 316
2	Технический директор	Качин Константин Николаевич	40000, 40580 89069626995	пр.Строителей, 24-116
3	Главный энергетик	Ларин С.Н.	раб.4-26-44 8-9235601390	ул. Революции, д. 86
4	Начальник смены (участка АДС)	Ломакин Александр Николаевич	раб. 4-37-85 8-9237553547	ул. Metallургов 4-26

5	Специалист по охране труда	Кошкарова Анна Николаевна	8-9130227872	Пр. Строителей, 25-32
6	Начальник КОС	Леер Виталий Яковлевич	тел. 2-24-48; 8-9069405587	ул. Союза Республик, д18, кв.176
7	Начальник ЦТС	Рублев Василий Юрьевич	раб. 4-04-38, 8-9069408278	ул. Рябиновая, 28.
8	Начальник ЦВ	Мягков Юрий Петрович	раб.4-26-05 8-9520045677	ул.К.Маркса,10
9	Начальник АТЦ	Некрасов Михаил Юрьевич	раб. 4-07-34 8-9609631717	ул.Таратынова 1 - 158

## 5. Расчёт времени на выполнение аварийно-восстановительных работ

5.1. В случае аварийной ситуации, после прекращения движения воды в трубопроводе, сначала происходит ее охлаждение, а затем возникает опасность замерзания и разрушения трубопроводов. Расчет времени охлаждения воды в надземном водоводе с теплоизоляцией от заданного значения температуры в начальном состоянии до температуры замерзания проведён в соответствии с УДК 628.14 под редакцией Лапшина В. Ф. «Расчет времени охлаждения надземного водовода с теплоизоляцией в условиях отрицательных температур // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 1. С. 103–112. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-103-112». (Приложение 1).

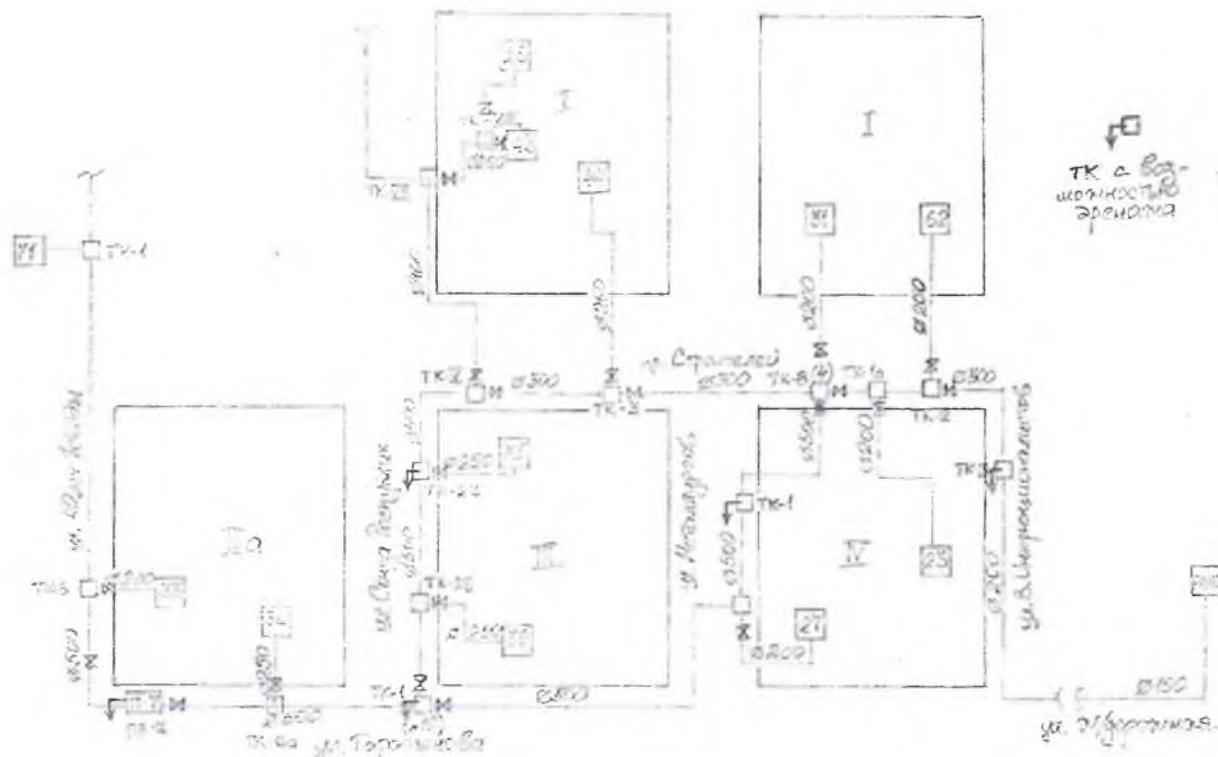
5.2. По результатам вычислений расчётное время остывания трубопроводов до температуры замерзания воды и необходимостью выполнения слива теплоносителя в зависимости от диаметра трубопроводов, способа их прокладки и начальной температуры теплоносителя соответственно составляет:

№ п/п	Районирование	Способ прокладки	Направление	Диаметр Ду, мм	Температура, тнач, °С	Расчётное время остывания, часов	Принятое время остывания, часов
1	Магистральная	Надземная	Подающий	700	110	17,2	17
2	Магистральная	Надземная	Обратный	500	50	8,3	8
3	Магистральная	Подземная	Подающий	500	110	70	70
4	Магистральная	Подземная	Обратный	500	50	58,5	58
5	Квартальная	Подземная	Подающий	300	110	20,8	20
6	Квартальная	Подземная	Обратный	300	50	18,8	18
7	Квартальная	Подземная	Подающий	250	110	17	17
8	Квартальная	Подземная	Обратный	250	50	15,2	15
9	От котельной	Надземная	Подающий	200	70	3,5	3,5
10	От котельной	Надземная	Обратный	200	43	2,7	2,5
11	От котельной	Надземная	Подающий	150	70	2,3	2,0
12	От котельной	Надземная	Обратный	150	43	1,8	1,5
13	От котельной	Надземная	Подающий	100	70	1,4	1,4
14	От котельной	Надземная	Обратный	100	43	1,1	1,0

## 6. Порядок и последовательность выполнения аварийно-восстановительных работ при наихудших сценариях развития аварийных ситуаций.

В целях обеспечения целостности и работоспособности трубопроводов сетей теплоснабжения в аварийных режимах с необходимостью слива теплоносителя, указанные мероприятия выполняются по решению председателя Комиссии с переключениями и отключениями участков магистральных сетей с дренажом теплоносителя в соответствии со следующей принципиальной схемой:

Проектируемая схема магистральных тепловых сетей  
и внутриквартальных тепловых пунктов в Заринске



6.1. При обстоятельствах, указанных в п.2.2.2.:

- в случае невозможности возобновления гидравлического и циркуляционного режима в течение времени, указанного в предыдущем разделе (8 и 18 часов соответственно для обратных и подающего трубопроводов), по решению председателя Комиссии проводится полный слив теплоносителя через дренажи из надземных магистральных трубопроводов участка «ТЭЦ – Город» (сначала из обратных трубопроводов Ду 500 мм, имеющих более низкую температуру, затем из подающего Ду 700 мм);

- слив теплоносителя из магистральных трубопроводов 1 – 4 микрорайонов производится в дренажные колодцы с последующей откачкой в ливневую канализацию;

- слив теплоносителя из трубопроводов внутриквартальных распределительных тепловых сетей 1 – 4 микрорайонов производится в тепловые камеры, имеющие дренаж, и в ЦТП;

- слив теплоносителя из надземных трубопроводов ул. Железнодорожная и Залинейной части производится на рельеф местности;

- телефонограммами оповещаются все абоненты и управляющие компании, подключенные к системе СЦТ, о необходимости выполнить опорожнение внутренних систем теплоснабжения.

6.2. При обстоятельствах, указанных в п.2.2.3.:

- по распоряжению руководителя ООО «ЖКУ» выполняется переход на летнюю схему теплоснабжения (в работе 2 трубопровода Ду 500 мм, правый – подающий, левый – обратный, гидравлический режим летний:  $P_1 = 6,5 \text{ кгс/см}^2$ ,  $P_2 = 2,5 \text{ кгс/см}^2$ ) с одновременным выводом из эксплуатации поврежденного участка Ду 700 мм перекрытием секучих задвижек в павильонах №2 и №4 и сливом теплоносителя;

- немедленно организуются расчистка подъездных путей для техники и аварийно-восстановительные работы по ремонту поврежденного участка;

- в случае невозможности устранения повреждения в течение 18 часов по решению председателя Комиссии проводится полный слив теплоносителя через дренажи из подающего надземного магистрального трубопровода Ду 700 мм участка «ТЭЦ – Город», теплоснабжение осуществляется по трубопроводам Ду 500 мм, с отключением в ЦТП теплообменников ГВС для снижения тепловой нагрузки до устранения повреждения.

#### 6.3. При обстоятельствах, указанных в п.2.2.4.:

- производится отключение повреждённого участка в павильоне №7 и камере ТК - 1 (№10) по ул.Таратынова, обеспечение циркуляции магистрали ТЭЦ – Город производится через трубопроводы по ул. 40 лет Победы и ЦТП № 71;

- во всех ЦТП перекрываются первые контуры теплообменников ГВС, сетевые насосы продолжают работать для обеспечения циркуляции воды;

- немедленно организуются земляные и аварийно-восстановительные работы по восстановлению работоспособности повреждённого участка;

- в случае невозможности возобновления гидравлического и циркуляционного режима в течение 8 часов, по решению председателя Комиссии проводится полный слив теплоносителя через дренажи из надземных магистральных обратных трубопроводов Ду 500 мм по ул.Таратынова;

- в случае невозможности возобновления гидравлического и циркуляционного режима в течение времени, указанного в п.5.5. проводятся действия, аналогичные указанным в абзацах 2 – 5 п.6.1.

#### 6.4. При обстоятельствах, указанных в п.2.2.5.:

- при аварийном отключении электроэнергии на ПНС-1 срабатывают предохранительные клапаны в павильонах №6, №6а и в ЦТП центральной части города (микрорайоны 1 – 4);

- машинист ПНС-1 немедленно сообщает о случившемся начальнику смены АДС ООО «ЖКУ», который в свою очередь сообщает начальнику смены ТЭЦ на главный щит управления ТЭЦ АО «Алтай-Кокс» о необходимости снижения давления на подающем трубопроводе до 6,5 кгс/см<sup>2</sup> и переходу на летний гидравлический режим (P1 = 6,5 кгс/см<sup>2</sup>, P2 = 2,5 кгс/см<sup>2</sup>), с соблюдением температурного графика;

- во всех ЦТП перекрываются первые контуры теплообменников ГВС для снижения тепловой нагрузки, сетевые насосы продолжают работать для обеспечения циркуляции воды;

- телефонограммами оповещаются все абоненты и управляющие компании, подключенные к системе СЦТ, о введении ограничения подачи тепловой энергии и отключении ГВС;

- после возобновления подачи электроэнергии в ПНС-1 производится запуск сетевых насосов персоналом ЦТС ООО «ЖКУ» в соответствии с порядком, установленным Соглашением об управлении системой теплоснабжения; в ЦТП включаются первые контуры теплоснабжения теплообменников и запускается подача ГВС; уведомляются все абоненты и управляющие компании о снятии ограничения теплоснабжения и запуске ГВС;

- при отключении электроэнергии в ПНС-2 начальником смены АДС (в нерабочее время) или начальником ЦТС (в рабочее время) немедленно организуется выезд дизель-генераторной установки (30 кВт) и подключение независимого резервного электроснабжения станции.

#### 6.5. При обстоятельствах, указанных в п.2.2.6.:

- выполняются действия, аналогичные указанным в п.6.1.

6.6. При обстоятельствах, указанных в п.2.3.2.:

- выполняется отключение повреждённого участка в соответствующей тепловой камере согласно принципиальной схемы, а также отключение первого контура теплообменников ГВС в ЦТП, попадающих под отключение;
- диспетчером АДС ООО «ЖКУ» уведомляется управляющая компания, обслуживающая дома от отключенных теплопунктов, о прекращении теплоснабжения и ГВС до окончания ремонтных работ;
- немедленно организуется проведение земляных и аварийно-восстановительных работ силами ЦТС ООО «ЖКУ»;
- в случае невозможности закончить работы в сроки, указанные в п.5.2., проводятся действия, аналогичные указанным в абзацах 3 – 5 п.6.1.

6.7. При обстоятельствах, указанных в п.2.3.3.:

- при аварийном отключении электроэнергии котельных, теплопунктов «РАПС», «Протон», «Элеватор», обеспечивающих циркуляционный и гидравлический режим подачи теплоносителя второго контура, оперативный дежурный персонал (машинисты котельных, ПНС-1) сообщает о случившемся начальнику смены АДС ООО «ЖКУ», который немедленно организуется выезд дизель-генераторных установок (30 и 150 кВт) и подключение независимого резервного электроснабжения теплопунктов или котельных.

С учётом количества потребителей и их социальной значимости, а также подключенной тепловой нагрузки и способа прокладки тепловых сетей, установка дизель-генераторных станций проводится в следующем приоритете:

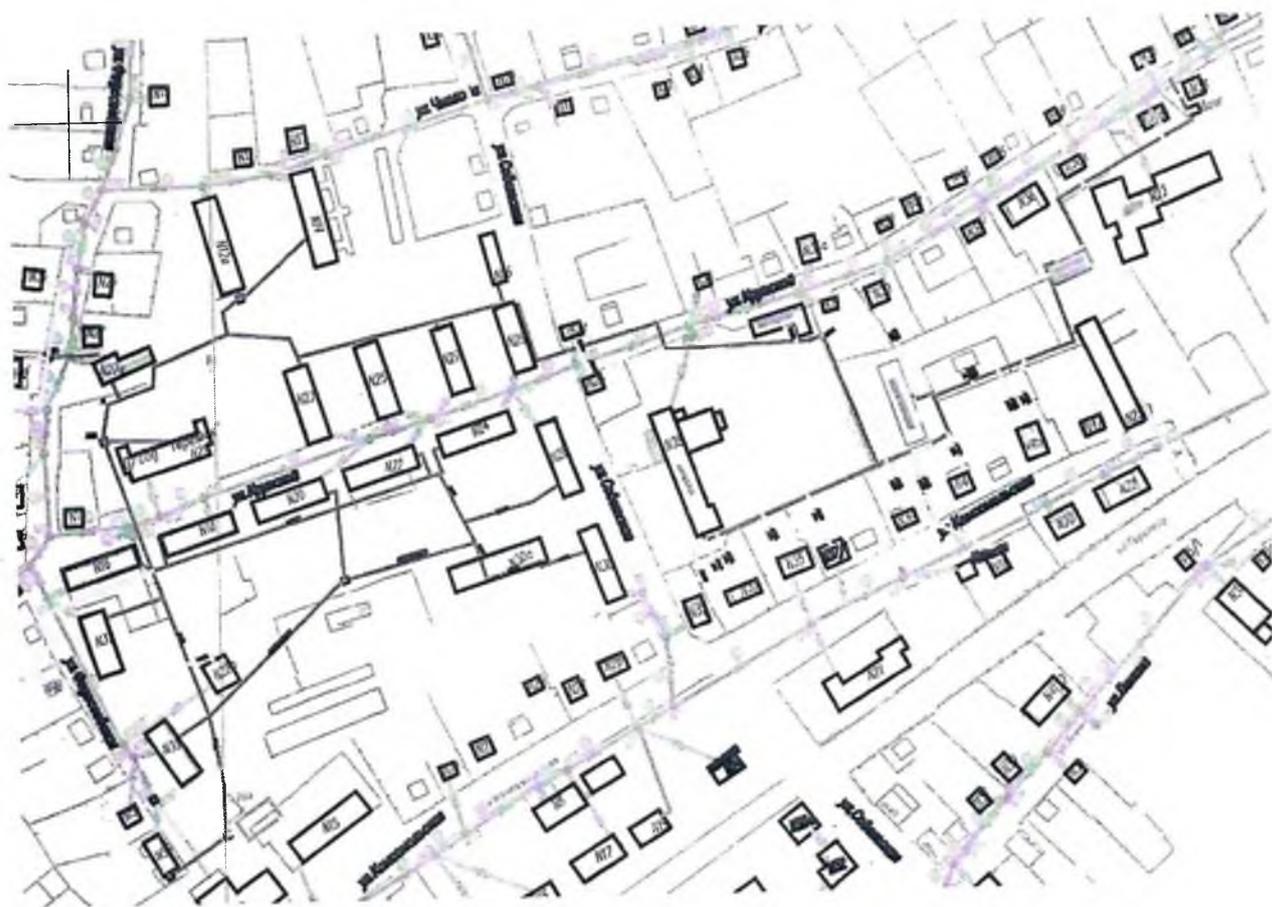
- 1) котельная «Теремок» (150 кВт);
- 2) котельная «Лесокомбинат» (30 кВт);
- 3) теплопункт «РАПС» (150 кВт);
- 4) теплопункт «Протон» (30 кВт);
- 5) теплопункт «Элеватор» (30 кВт);
- 6) котельная «Гостиница» (150 кВт);
- 7) котельная «База» (30 кВт).

При необходимости через ЕДДС г.Заринска привлекаются другие организации, имеющие передвижные дизель-генераторные установки (ООО «Заринская сетевая компания», 30 кВт). В случае невозможности обеспечения всех объектов независимыми источниками электроснабжения, тепловые сети обесточиваются по решению председателя Комиссии отключаются и опорожняются, с одновременным оповещением абонентов о необходимости слива теплоносителя из внутренних систем отопления.

6.8. При обстоятельствах, указанных в п.2.3.4.:

- при повреждениях котельного и насосного оборудования, при которых невозможно поддержание рабочего (штатного) температурного и гидравлического режимов, а также восстановление их работоспособности в сроки, указанные в п.5.2., по решению председателя Комиссии производится опорожнение трубопроводов теплоснабжения (с обязательным предварительным замером температуры теплоносителя на дренажных устройствах), указанных на следующих схемах (с одновременным оповещением абонентов о необходимости слива теплоносителя из внутренних систем отопления):

Тепловые сети от котельной «Теремок»



Тепловые сети от котельной «База»



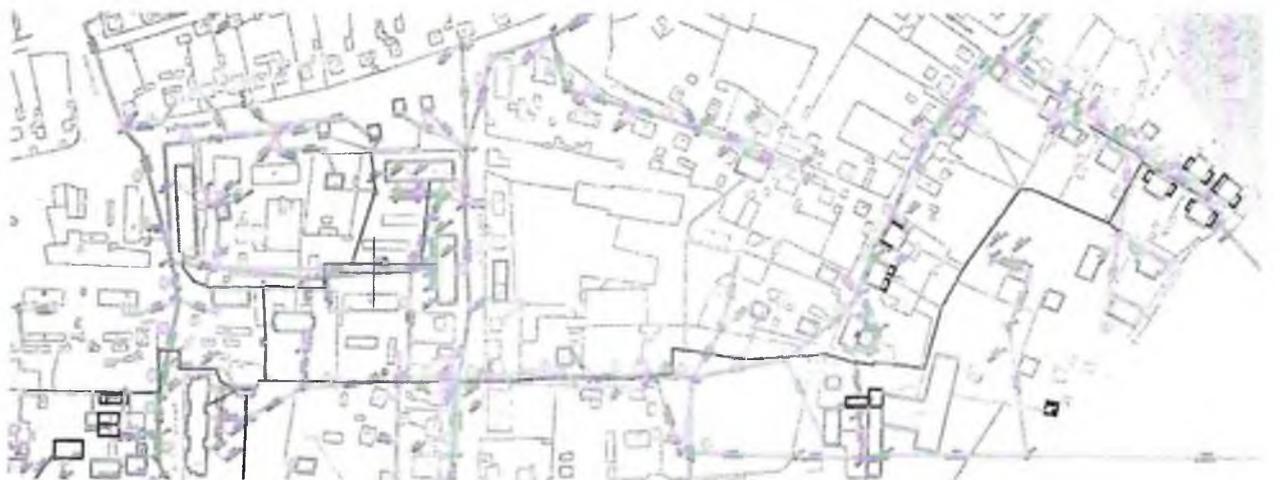
Тепловые сети от котельной «Гостиница»



### Тепловые сети от котельной «Лесокombинат»



### Тепловые сети от ТП «РАПС»



- персоналом ЦТС немедленно организуются ремонтные работы по восстановлению работоспособности повреждённого оборудования (ремонт котлов, насосного оборудования, средств автоматизации и управления).

6.9. При обстоятельствах, указанных в п.2.3.5.:

- в случае повреждения вследствие пожара и обрушения конструктивных элементов здания оборудования, указанного в п.2.3.4., выполняются действия, аналогичные п.6.8.;

- в случае повреждения только конструктивных элементов здания работа оборудования поддерживается в штатном технологическом режиме и организуются неотложные строительные ремонтно-восстановительные работы.

## 7. Действия по восстановлению штатного режима работы СЦТ

7.1. Трубопроводы тепловой сети после проведения аварийно-восстановительных работ следует заполнять водой температурой не выше 70 °С. Заполнение трубопроводов следует производить водой давлением, не превышающим статического давления заполняемой части тепловой сети более чем на 0,2 МПа (2 кгс/кв. см). Во избежание гидравлических ударов и лучшего удаления воздуха из трубопроводов максимальный часовой расход воды ( $G_M$ , куб. м/ч) при заполнении трубопроводов тепловой сети с условным диаметром ( $D_y$ , мм) не должен превышать:

Максимальный часовой расход воды при заполнении  
трубопроводов тепловой сети

$D_y$ , мм	$G_M$ , м <sup>3</sup> /ч	$D_y$ , мм	$G_M$ , м <sup>3</sup> /ч	$D_y$ , мм	$G_M$ , м <sup>3</sup> /ч
100	10	350	50	700	200
150	15	400	65	800	250
250	25	500	85	900	300
300	35	600	150	1000	350

Заполнение трубопроводов после проведения ремонтных работ

7.2. Наполнение водой магистральных трубопроводов тепловой сети должно производиться в следующем порядке:

а) на заполняемом участке трубопровода закрыть все дренажные устройства и задвижки на перемычках между подающим и обратным трубопроводами, отключить все ответвления и абонентские вводы, открыть все воздушники заполняемой части сети и секционирующие задвижки, кроме головных;

б) на обратном трубопроводе заполняемого участка открыть байпас головной задвижки, а затем частично и саму задвижку и произвести наполнение трубопровода.

На все время наполнения степень открытия задвижек устанавливается и изменяется только по указанию и с разрешения начальника ЦТС;

в) по мере заполнения сети и прекращения вытеснения воздуха воздушники закрыть;

г) по окончании заполнения обратного трубопровода открыть концевую перемычку между подающим и обратным трубопроводами и начать заполнение водой подающего трубопровода в том же порядке, как и обратного;

д) заполнение трубопровода считается законченным, когда выход воздуха из всех воздушных кранов прекратится и наблюдающие за воздушниками доложат руководителю пусковой бригады об их закрытии. Окончание заполнения характеризуется повышением давления в коллекторе тепловой сети до значения статического давления или до давления в подпиточном трубопроводе. После окончания заполнения головную задвижку на обратном трубопроводе открыть полностью;

е) после окончания заполнения трубопроводов необходимо в течение 2 - 3 ч несколько раз открывать воздушные краны, чтобы убедиться в окончательном удалении воздуха.

7.3. Заполнение распределительных сетей следует производить после заполнения водой магистральных трубопроводов, а ответвлений к потребителям - после заполнения распределительных сетей. Заполнение распределительных сетей и ответвлений производится так же, как и основных магистральных трубопроводов. Установленные на трубопроводах регулирующие клапаны на период заполнения должны быть вручную

открыты и отключены от измерительно-управляющих устройств.

7.4. Установление циркуляционного режима в магистральных трубопроводах следует осуществлять через концевые перемычки при открытых секционирующих задвижках и отключенных ответвлениях и системах теплоснабжения и должно производиться в следующем порядке:

а) открыть задвижки на входе и выходе сетевой воды у сетевых водоподогревателей; при наличии обводной линии водоподогревателей открыть задвижки на этой линии (в этом случае задвижки у водоподогревателей остаются закрытыми);

б) открыть задвижки на всасывающих патрубках сетевых насосов, задвижки на нагнетательных патрубках при этом остаются закрытыми;

в) включить один сетевой насос;

г) плавно открыть сначала байпас задвижки на нагнетательном патрубке сетевого насоса, а затем задвижку и установить циркуляцию;

д) включить подачу воды из котла на сетевые водоподогреватели и начать подогрев сетевой воды со скоростью не более 30 град. С/ч;

е) после установления циркуляционного режима регулятором подпитки установить в обратном коллекторе источника тепловой энергии расчетное давление согласно пьезометрическому графику при рабочем режиме.

7.5. После установления циркуляционного режима в трубопроводах, на которых имеются регуляторы давления, следует произвести их настройку для обеспечения заданных давлений в сети.

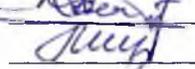
7.6. Установление циркуляционного режима в ответвлениях от основной магистрали следует производить через концевые перемычки на этих ответвлениях поочередным и медленным открытием головных задвижек ответвлений сначала на обратном, а затем на подающем трубопроводах. Установление циркуляционного режима в ответвлениях к системам теплоснабжения, оборудованных элеваторами, следует осуществлять по согласованию и при участии потребителей через подмешивающую линию элеватора.

При этом системы отопления после элеватора и ответвления к системам вентиляции и горячего водоснабжения должны быть плотно отключены задвижками.

7.7. Установление циркуляции в ответвлениях к системам теплоснабжения, присоединенным без элеваторов или с насосами, следует производить через эти системы с включением последних в работу, что должно осуществляться по согласованию и при участии потребителей. Задвижки на тепловых пунктах систем теплоснабжения, не подлежащих включению при установлении циркуляционного режима в трубопроводах тепловой сети, должны быть плотно закрыты, а спускная арматура после них должна находиться в открытом состоянии во избежание заполнения водой и подъема давления в этих системах.

План составил: технический директор ООО «ЖКУ»  Качин К.Н.

Согласовано: начальник ТО ООО «ЖКУ»

 Мирасова М.А.

Согласовано представителями АО «Алтай-Кокс» в части совместных действий:

Начальник Энергетического управления

(главный энергетик) АО «Алтай-Кокс»

Начальник цеха ТЭЦ АО «Алтай-Кокс»

 Голущенко Е.Г.

Штауб В.В.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Основные теоретические расчёты времени остывания трубопроводов.

1. Математическая модель процесса охлаждения строится методом осреднения уравнений гидродинамики и теплопроводности без каких-либо предположений о характере движения воды в трубопроводе. Уравнение переноса энергии при конвективном теплообмене в трубопроводе имеет в таком случае вид:

$$\rho_w c_1 \left( \frac{\partial T_w}{\partial t} + \bar{v} \text{grad} T_w \right) = \text{div}(\lambda_1 \text{grad} T_w). \quad (1)$$

Здесь  $\rho_w, c_1$  и  $\lambda_1$  — плотность, удельная теплоемкость и коэффициент теплопроводности воды,  $t$  — время. Пространственная неравномерность охлаждения воды приводит к неравномерному распределению температур  $T_p$  в стенках трубопровода и  $T_i$  в слое теплоизолятора. Уравнения переноса энергии для них будут иметь вид:

$$\rho_2 c_2 \frac{\partial T_p}{\partial t} = \text{div}(\lambda_2 \text{grad} T_p), \quad (2)$$

$$\rho_3 c_3 \frac{\partial T_i}{\partial t} = \text{div}(\lambda_3 \text{grad} T_i). \quad (3)$$

Здесь  $\rho_2, \rho_3, c_2, c_3, \lambda_2, \lambda_3$  — плотность, удельная теплоемкость и коэффициент теплопроводности материала стенки трубопровода и теплоизолятора. Значения этих величин, а также  $c_1$  и  $\lambda_1$  далее считаются постоянными.

Средние по полярному углу значения температур стенки трубопровода  $T_2$  и теплоизолятора  $T_3$  определим по формулам:

$$\begin{aligned} T_2(r, t) &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} T_p(r, \varphi, t) d\varphi, \\ T_3(r, t) &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} T_i(r, \varphi, t) d\varphi. \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнения для средних величин  $T_2$  и  $T_3$  получаются усреднением (2) и (3) по полярному углу в цилиндрической системе координат  $(r, \varphi, z)$ , ось  $Z$  которой совпадает с осью трубопровода:

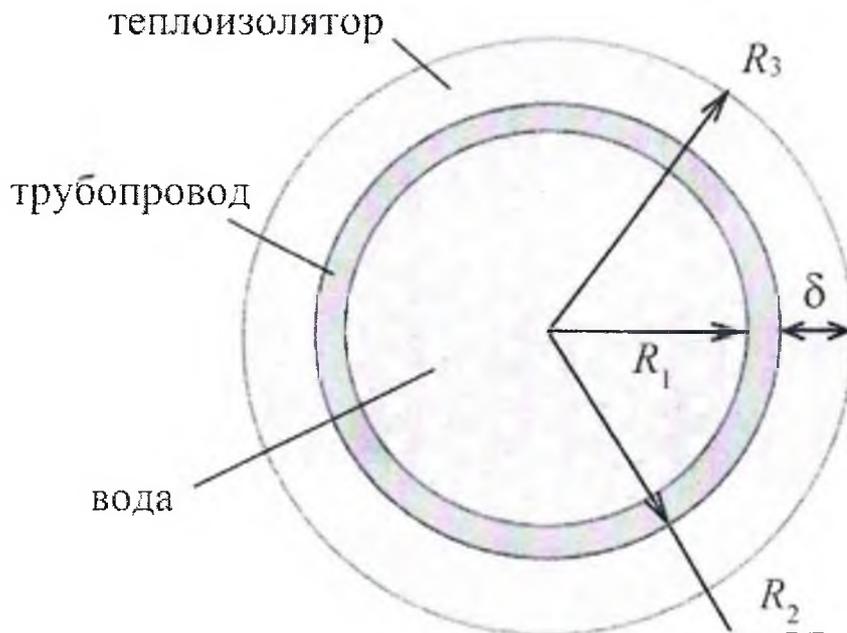
$$\rho_2 c_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial T_2}{\partial r}, \quad (5)$$

$R_1 < r < R_2$ , для стенки трубы,

$$\rho_3 c_3 \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda_3 \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial T_3}{\partial r}, \quad (6)$$

$R_2 < r < R_3$ , для теплоизолятора.

Здесь  $r$  — радиальная переменная,  $R_1$  и  $R_2$  — внутренний и наружный радиусы стенки трубопровода,  $R_3$  — внешний радиус теплоизоляции (рис. 1).



**Рис. 1.** Поперечное сечение водовода:

$\delta$  — толщина слоя теплоизоляции;  $R_1$  и  $R_2$  — внутренний и наружный радиусы трубы;  $R_3$  — внешний радиус водовода с теплоизоляцией.

С учётом математических преобразований время охлаждения воды в трубопроводе от начальной температуры  $T_0$  до температуры замерзания  $T_{ph}$  при температуре окружающей среды  $T_{ex}$  задается формулой:

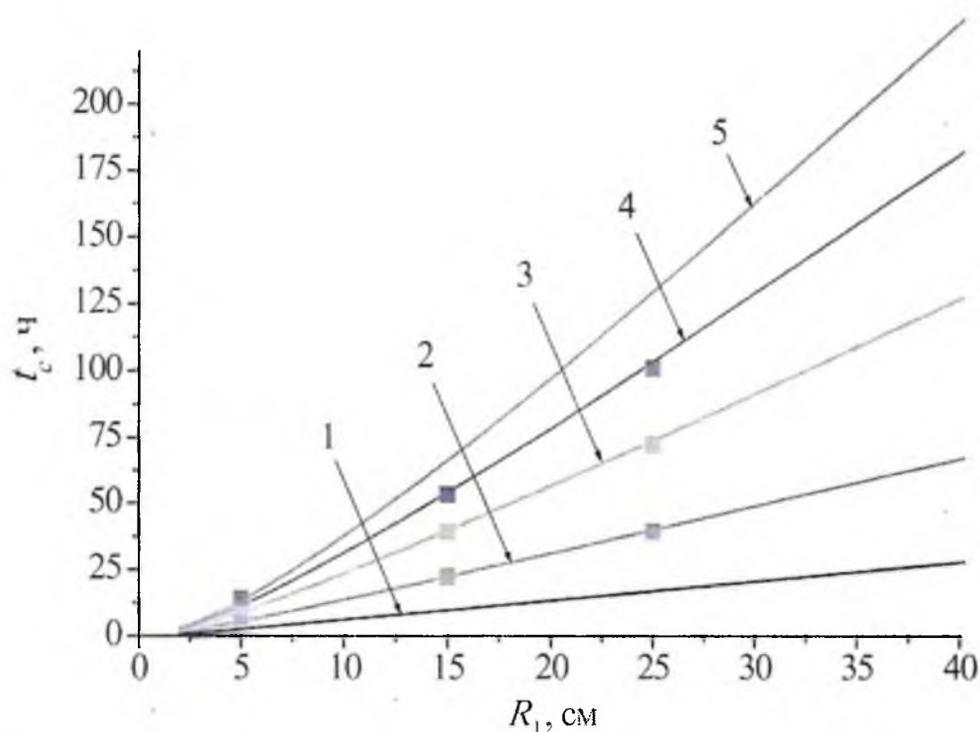
$$t_c = \frac{\rho_1 c_1 R_1^2}{2\lambda_3} \left[ \ln \left( 1 + \frac{\delta}{R_3} \right) + \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \ln \left( 1 + \frac{\Delta R}{R_1} \right) \right] \ln \left( \frac{T_0 - T_{ex}}{T_{ph} - T_{ex}} \right). \quad (18).$$

Здесь  $\Delta R = R_2 - R_1$  — толщина стенки трубопровода. Однако температура наружной поверхности водовода в реальных условиях всегда несколько выше, чем температура окружающей среды. Это приводит к тому, что значения времени охлаждения (18), всегда будут несколько меньше, чем в действительности.

## 2. Результаты вычислений

Основные особенности процесса охлаждения водовода отражены в соотношении (18). При малых толщинах теплоизоляции, когда  $\delta/R_2 \ll 1$ , время охлаждения прямо пропорционально произведению радиуса трубопровода  $R_1$  и  $\delta$ :  $t_c \sim \delta R$ . После того как толщина теплоизоляции  $\delta$  сравнивается по величине с  $R_1$ , зависимость от  $\delta$  становится логарифмической. Аналогичная зависимость имеет место и для температуры. При низкой наружной температуре  $T_{ex}$ , когда  $\varepsilon_T = (T_0 - T_{ph}) / (T_{ph} - T_{ex}) \ll 1$ , время охлаждения  $t_c \sim \varepsilon_T$ . При значениях отношения  $\varepsilon_T$  порядка или более единицы зависимость от температуры становится логарифмической:  $t_c \sim \ln(1 + \varepsilon_T)$ . Для металлического трубопровода отношение коэффициентов теплопроводности  $\lambda_3 / \lambda_2 \ll 1$  и вторым слагаемым в квадратных скобках в (18) можно пренебречь.

Результаты вычислений времени охлаждения воды  $t_c$  по формуле (18) в зависимости от радиуса трубопровода при различных толщинах теплоизоляции приведены на рис. 2. В расчетах использовались значения  $\lambda_2 = 0,84$  Вт/(м·К),  $\lambda_3 = 0,04$  Вт/(м·К),  $T_0 = 10$  °С,  $T_{ex} = -30$  °С,  $\Delta R = 10$  мм. На рис. 2 приведены, результаты расчетов, выполненных по эмпирическим формулам.



**Рис. 2.** Зависимость времени охлаждения воды в трубопроводе  $t_c$  от его радиуса  $R_1$  при различных значениях толщины слоя теплоизоляции  $\delta$ : 1 — 2 см, 2 — 5 см, 3 — 10 см, 4 — 15 см, 5 — 20 см. Начальная температура воды  $T_0 = 10$  °С, температура наружного воздуха  $T_{ex} = -30$  °С.

3. Применяя значения формулы (18) для местных условий, время остывания трубопроводов Ду 500 и Ду 700 мм соответственно составят при следующих исходных данных:

$$\begin{aligned} R_1 \text{ Ду}500 &= 257 \text{ мм}; R_1 \text{ Ду}700 = 350 \text{ мм}; \\ R_2 \text{ Ду}500 &= 265 \text{ мм}; R_2 \text{ Ду}700 = 360 \text{ мм}; \\ \Delta R \text{ Ду}500 &= R_2 - R_1 = 8 \text{ мм}; \Delta R \text{ Ду}700 = R_2 - R_1 = 10 \text{ мм}. \end{aligned}$$

$$\varepsilon_T = (T_0 - T_{ph}) / (T_{ph} - T_{ex})$$

Начальная температура воды  $T_{0пр.} = 110$ °С,  $T_{0обр.} = 50$ °С, температура наружного воздуха  $T_{ex} = -39$ °С, температуры замерзания  $T_{ph} = 0$ °С.

$$\varepsilon_{Tnp} = (110 - 0) / (0 - (-39)) = 2,82, \text{ т.е. зависимость логарифмическая};$$

$$\varepsilon_{Tобр} = (50 - 0) / (0 - (-39)) = 1,28, \text{ зависимость также логарифмическая}.$$

Плотность воды  $\rho_1$  при  $110^\circ\text{C} = 950,7 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_1$  при  $50^\circ\text{C} = 988,0 \text{ кг/м}^3$ ;

Удельная теплоемкость воды  $c_1 = 4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ ;

Коэффициент теплопроводности воды  $\lambda_{лпр} = 0,685 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ,  $\lambda_{лобр} = 0,648 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ;

Плотность стали  $\rho_2$  при  $110^\circ\text{C} = 7830 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_2$  при  $50^\circ\text{C} = 7840,0 \text{ кг/м}^3$ ;

Удельная теплоемкость стали  $c_2 = 465 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ ;

Коэффициент теплопроводности стали  $\lambda_2$  при температуре,  $110^\circ\text{C} = 55 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ ; при температуре  $50^\circ\text{C} = 56,3 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ ;

Коэффициент теплопроводности теплоизолятора со средней толщиной изоляции 50 мм  $\lambda_3 = 0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ , отношение коэффициентов теплопроводности  $\lambda_3 / \lambda_2 \ll 1$  и вторым слагаемым в квадратных скобках в (18) можно пренебречь.

Расчётное время остывания трубопровода до температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$  по (18) для Ду 500 мм:

$$t_c = (988 \cdot 4190 \cdot 0,257 \cdot 0,257) / (2 \cdot 0,648) \cdot (\ln(1 + 0,05/0,265)) \cdot \ln(((50 - (-39)) / (0 - (-39)))) = 30075 \text{ с} \\ = 8,3 \text{ часа}$$

Расчётное время остывания трубопровода до температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$  по (18) для Ду 700 мм:

$$t_c = (950,7 \cdot 4190 \cdot 0,350 \cdot 0,350) / (2 \cdot 0,685) \cdot (\ln(1 + 0,05/0,360)) \cdot \ln(((110 - (-39)) / (0 - (-39)))) = \\ = 62047 \text{ с} = 17,2 \text{ часа}.$$

4. Учитывая, что время полного промерзания трубопроводов больше чем время остывания, но в то же время на отдельных участках сетей изоляция отсутствует, а также в связи с возможностью перемерзания дренажных сбросных патрубков, критическим временем на принятие решения по сливу теплоносителя принимается для трубопроводов надземного исполнения составляет для Ду 500 мм – 8 часов, для Ду 700 мм – 17 часов. Перед сливом теплоносителя необходимо провести контрольный замер температуры стенок трубопроводов.

5. Для магистральных трубопроводов подземного исполнения в непроходных каналах температура воздуха принимается за положительную и контролируется каждые 2 часа в контрольных точках в дренажных колодцах.

Расчётное время начала замерзания теплоносителя в трубопроводах Ду 500 мм в непроходных каналах при температуре воздуха  $-2^\circ\text{C}$  составляет:

$$\varepsilon_{Tnp} = (110 - 0) / (0 - (-2)) = 55$$

$$\varepsilon_{Tобр} = (50 - 0) / (0 - (-2)) = 25, \text{ т.е. зависимость логарифмическая}.$$

$$t_{cnp} = (950,7 \cdot 4190 \cdot 0,257 \cdot 0,257) / (2 \cdot 0,685) \cdot (\ln(1 + 0,05/0,265)) \cdot \ln(((110 - (-2)) / (0 - (-2)))) = \\ = 259989 \text{ с} = 70 \text{ часов}.$$

$$t_{cобр} = (988 \cdot 4190 \cdot 0,257 \cdot 0,257) / (2 \cdot 0,648) \cdot (\ln(1 + 0,05/0,265)) \cdot \ln(((50 - (-2)) / (0 - (-2)))) = 211132 \\ \text{с} = 58,5 \text{ часа}.$$

Контрольное время для принятия решения о сливе теплоносителя из трубопроводов подземных магистральных сетей принимается соответственно для подающих

трубопроводов 70 часов, для обратных – 58 часов со времени фиксации в контрольных камерах отрицательных температур.

6. Применяя значения формулы (18) для трубопроводов надземного исполнения Ду 200, Ду 150 и Ду 100 мм от котельных, время их остывания соответственно составят при следующих исходных данных:

$$\begin{aligned} R_{1 \text{ Ду}200} &= 104 \text{ мм}; R_{1 \text{ Ду}150} = 74 \text{ мм}; R_{1 \text{ Ду}100} = 49 \text{ мм} \\ R_{2 \text{ Ду}200} &= 110 \text{ мм}; R_{2 \text{ Ду}150} = 79 \text{ мм}; R_{2 \text{ Ду}100} = 54 \text{ мм} \\ \Delta R_{\text{Ду}200} &= R_2 - R_1 = 6 \text{ мм}; \Delta R_{\text{Ду}150} = R_2 - R_1 = 5 \text{ мм}; \Delta R_{\text{Ду}100} = R_2 - R_1 = 5 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_T = (T_0 - T_{ph}) / (T_{ph} - T_{ex})$$

Начальная температура воды по температурному графику  $T_{0\text{пр.}} = 70^\circ\text{C}$ ,  $T_{0\text{обр.}} = 43^\circ\text{C}$ , температура наружного воздуха  $T_{ex} = -39^\circ\text{C}$ , температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \varepsilon_{T_{\text{пр}}} &= (70 - 0) / (0 - (-39)) = 1,79, \text{ т.е. зависимость логарифмическая;} \\ \varepsilon_{T_{\text{обр}}} &= (43 - 0) / (0 - (-39)) = 1,10, \text{ зависимость также логарифмическая.} \end{aligned}$$

Плотность воды  $\rho_1$  при  $70^\circ\text{C} = 977,7 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_1$  при  $43^\circ\text{C} = 991,0 \text{ кг/м}^3$ ;

Удельная теплоемкость воды  $c_1 = 4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ ;

Коэффициент теплопроводности воды  $\lambda_{1\text{пр}} = 0,668 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ,  $\lambda_{1\text{обр}} = 0,639 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ;

Плотность стали  $\rho_2$  при  $70^\circ\text{C} = 7825 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_2$  при  $50^\circ\text{C} = 7852 \text{ кг/м}^3$ ;

Удельная теплоемкость стали  $c_2 = 465 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ ;

Коэффициент теплопроводности стали  $\lambda_2$  при температуре,  $70^\circ\text{C} = 51,2 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ ; при температуре  $43^\circ\text{C} = 51,3 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$ ;

Коэффициент теплопроводности теплоизолятора со средней толщиной изоляции 50 мм  $\lambda_3 = 0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ , отношение коэффициентов теплопроводности  $\lambda_3 / \lambda_2 \ll 1$  и вторым слагаемым в квадратных скобках в (18) можно пренебречь.

Расчётное время остывания прямого трубопровода до температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$  для Ду 200 мм:

$$t_{c \text{ пр}200} = (977,7 * 4190 * 0,104 * 0,104) / (2 * 0,668) * (\ln(1 + 0,05/0,110)) * \ln(((70 - (-39)) / (0 - (-39)))) = 12775 \text{ с} = 3,5 \text{ часа.}$$

Расчётное время остывания обратного трубопровода до температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$  для Ду 200 мм:

$$t_{c \text{ обр}200} = (991 * 4190 * 0,104 * 0,104) / (2 * 0,639) * (\ln(1 + 0,05/0,110)) * \ln(((43 - (-39)) / (0 - (-39)))) = 9783 \text{ с} = 2,7 \text{ часа.}$$

Расчётное время остывания прямого трубопровода до температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$  для Ду 150 мм:

$$t_{c \text{ пр}150} = (977,7 * 4190 * 0,074 * 0,074) / (2 * 0,668) * (\ln(1 + 0,05/0,079)) * \ln(((70 - (-39)) / (0 - (-39)))) = 8458 \text{ с} = 2,3 \text{ часа.}$$

Расчётное время остывания обратного трубопровода до температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$  для Ду 150 мм:

$$t_{c \text{ обр}150} = (991*4190*0,074*0,074)/(2*0,639)*(\ln(1+0,05/0,079))*\ln(((43-(-39))/(0-(-39)))) = 6478 \text{ с} = 1,8 \text{ часа.}$$

Расчётное время остывания прямого трубопровода до температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$  для Ду 100 мм:

$$t_{c \text{ np}100} = (977,7*4190*0,049*0,049)/(2*0,668)*(\ln(1+0,05/0,054))*\ln(((70-(-39))/(0-(-39)))) = 4960 \text{ с} = 1,4 \text{ часа.}$$

Расчётное время остывания прямого трубопровода до температуры замерзания  $T_{ph} = 0^\circ\text{C}$  для Ду 100 мм:

$$t_{c \text{ обр}100} = (991*4190*0,049*0,049)/(2*0,639)*(\ln(1+0,05/0,054))*\ln(((43-(-39))/(0-(-39)))) = 3799 \text{ с} = 1,1 \text{ часа.}$$

7. Для магистральных внутриквартальных трубопроводов подземного исполнения в непроходных каналах температура воздуха принимается за положительную и контролируется каждые 2 часа в контрольных точках в дренажных колодцах.

Расчётное время начала замерзания теплоносителя в трубопроводах Ду 250 мм в непроходных каналах при снижении температуры воздуха в них до  $-2^\circ\text{C}$  составляет:

$$\varepsilon_{T \text{ np}} = (110-0) / (0 - (-2)) = 55$$

$$\varepsilon_{T \text{ обр}} = (50 - 0) / (0 - (-2)) = 25, \text{ т.е. зависимость логарифмическая.}$$

$$t_{c \text{ np}} = (950,7*4190*0,130*0,130)/(2*0,685)*(\ln(1+0,05/0,137))*\ln(((110-(-2))/(0-(-2)))) = 61537 \text{ с} = 17 \text{ часов.}$$

$$t_{c \text{ обр}} = (988*4190*0,130*0,130)/(2*0,648)*(\ln(1+0,05/0,137))*\ln(((50-(-2))/(0-(-2)))) = 54714 \text{ с} = 15,2 \text{ часа.}$$

Расчётное время начала замерзания теплоносителя в трубопроводах Ду 300 мм в непроходных каналах при снижении температуры воздуха в них до  $-2^\circ\text{C}$  составляет:

$$t_{c \text{ np}} = (950,7*4190*0,1545*0,1545)/(2*0,685)*(\ln(1+0,05/0,1625))*\ln(((110-(-2))/(0-(-2)))) = 74958 \text{ с} = 20,8 \text{ часа.}$$

$$t_{c \text{ обр}} = (988*4190*0,1545*0,1545)/(2*0,648)*(\ln(1+0,05/0,1625))*\ln(((50-(-2))/(0-(-2)))) = 66649 \text{ с} = 18,5 \text{ часа.}$$