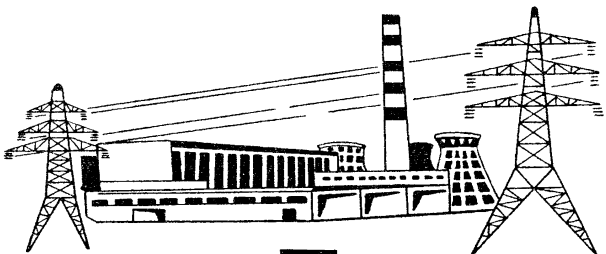
РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ ИХ РАБОТЫ

РД 153-34.1-20.365-98



СПО
ОРГРЭС
Москва 2000

gost.e-ecolog.ru

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ ИХ РАБОТЫ

РД 153-34.1-20.365-98

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ОРГРЭС

Москва 2000

**Разработано** Открытым акционерным обществом "Фирма по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС" и ОАО "Объединение ВНИПИэнергопром"

**Исполнители** *Е.М. ШМЫРЕВ, К.Н. САБУРОВ, А.Р. СИМОНОВ* (АО "Фирма ОРГРЭС"), *Л.П. КАНИНА* (ОАО "Объединение ВНИПИэнергопром")

**Утверждено** Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО "ЕЭС России" 06.07.98

Первый заместитель начальника *А.П. БЕРСЕНЕВ*

Настоящий руководящий документ предназначен для организаций, эксплуатирующих источники тепловой энергии и тепловые сети.

© СПО ОРГРЭС, 2000

Подписано к печати 21.09.2000 Формат 60 × 84 1/16
Печать ризография Усл.печ.л. 2,4 Уч.-изд. л. 2,5 Тираж 250 экз.
Заказ № 236 Издат. № 00-72

Лицензия № 040998 от 27.08.99 г.

Производственная служба передового опыта эксплуатации энергопредприятий ОРГРЭС
105023, Москва, Семеновский пер., д. 15

УДК 621.311

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ ИХ РАБОТЫ

РД 153-34.1-20.365-98

*Введено впервые*

*Вводится в действие с 01.06.2000*

Настоящие Методические указания устанавливают порядок подготовки, проведения и обработки результатов испытаний систем централизованного теплоснабжения (СЦТ) при моделировании в водяной тепловой сети нестационарных гидравлических режимов.

Методические указания распространяются на водяные СЦТ с открытыми и закрытыми системами горячего водоснабжения (ГВС) с температурой теплоносителя не более 150°С и рабочим давлением не более 2,4 МПа (24 кгс/см$^2$).

Методические указания обязательны для исполнения в дочерних и зависимых акционерных обществах РАО "ЕЭС России", эксплуатирующих тепловые сети и источники тепла.

Методические указания могут быть использованы персоналом:

организаций, эксплуатирующих теплопотребляющие установки и тепловые сети потребителей, подключенные к тепловым сетям или источникам тепловой энергии АО-энерго или дочерних АО-электростанций РАО "ЕЭС России";

проектных, наладочных и других организаций, выполняющих работы на указанных энергообъектах.

Методические указания могут применяться в СЦТ с источниками тепловой энергии, тепловыми сетями, системами теплопотребления, эксплуатируемыми организациями вне

зависимости от их форм собственности и ведомственной принадлежности:

на стадиях разработки технических заданий на проектирование, а также выполнения анализа, экспертизы проектов реконструируемых объектов СЦТ при определении необходимости выполнения специальных мероприятий по защите оборудования СЦТ от недопустимых изменений давления сетевой воды;

при выборе оборудования для использования в различных элементах действующих СЦТ с учетом требований безопасности данного оборудования и оборудования других элементов СЦТ;

при определении достаточности уже имеющихся на объектах действующих СЦТ средств защит от недопустимых изменений давления сетевой воды;

при необходимости взаимоувязки действия защитных устройств и средств авторегулирования, расположенных в различных элементах СЦТ, и их взаимного влияния;

при определении объема оснащения различных элементов единой СЦТ средствами защиты от недопустимых изменений давления сетевой воды оборудования.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Развитие СЦТ при увеличении единичной мощности источников тепловой энергии сопровождалось увеличением объемов циркулирующей воды, протяженности тепловых сетей, количества сетевых и перекачивающих насосов, запорной и регулирующей арматуры и обусловило увеличение вероятности отказов того или иного элемента оборудования. Соответствующие этим отказам неустановившиеся гидравлические процессы, как показал опыт эксплуатации и расчеты, сопровождаются возникновением давлений, недопустимых по условиям прочности оборудования источника тепловой энергии, тепловых сетей и потребителей тепла.

1.2. Неустановившимся движением жидкости называется такое движение, при котором какая-нибудь из его характеристик в точках рассматриваемого пространства (скорость, давление и др.) изменяются с течением времени.

1.3. Неустановившийся гидравлический режим, определяющий переход гидравлической системы от одного стационарного режима к другому (например, послеаварийному стационарному гидравлическому режиму), называется переходным гидравлическим режимом.

1.4. В зависимости от инерционных свойств трубопроводной системы и характеристик возмущающего воздействия неустановившиеся (переходные) гидравлические процессы могут иметь характер гидравлического удара или квазистационарного режима. Первые характеризуются существенными значениями мгновенных давлений и вызываются, как правило, аварийным отключением (включением) сетевых и перекачивающих насосных агрегатов под нагрузкой, несанкционированным закрытием (открытием) запорно-регулирующей арматуры, вызванными разрывами трубопроводов, понижением давления в отдельных точках системы до давления насыщения водяного пара. Квазистационарные режимы вызываются монотонными длительными возмущениями, например плановым закрытием головных задвижек трубопроводов при отключении магистралей.

1.5. Наибольшую опасность для оборудования СЦТ представляют гидравлические режимы, имеющие характер гидравлического удара. Процессы изменения расходов и давлений, происходящие в этих режимах, развиваются за относительно короткие промежутки времени (0,5-30 с) и со значительными амплитудами.

1.6. Возможность возникновения неустановившихся гидравлических режимов в СЦТ, сопровождающихся возникновением недопустимых давлений, обусловливает необходимость применения методов защиты в указанных режимах.

Выбор защитных устройств и мероприятий при неустановившихся гидравлических режимах в СЦТ необходимо

базировать на данных расчетных или экспериментальных исследований неустановившихся гидравлических режимов при наиболее часто встречающихся в практике эксплуатации возмущениях, вызванных отказами в работе оборудования СЦТ. При этом рассматривается, как правило, задача комплексной защиты СЦТ.

Под "комплексной защитой" оборудования СЦТ понимается система защит, предотвращающая возникновение недопустимых давлений на оборудовании водоподогревательной установки источника тепловой энергии, тепловых сетей, систем теплопотребления.

1.7. Разработано и экспериментально апробировано несколько методик расчета переходных гидравлических режимов в СЦТ, позволяющих выполнять расчетное исследование.

В частности, ОАО "Объединение ВНИПИэнергопром" с участием СЭИ СО РАН разработаны методика и программа гидравлического расчета параметров переходных гидравлических режимов, которая с достаточной точностью позволяет моделировать гидродинамические процессы в СЦТ при различных возмущениях исходных режимов работы системы. С помощью программы осуществляются расчеты в СЦТ различной степени сложности.

На основе указанной методики разработана упрощенная методика определения параметров нестационарных процессов СЦТ [1] и [2], которая имеет ограниченное применение в основном в СЦТ с одним источником тепловой энергии и ограниченным количеством насосных станций.

В АО "Фирма ОРГРЭС" используется программа "DROP" теплогидравлического расчета параметров переходных режимов СЦТ, в том числе с учетом возможного вскипания и последующей нестационарной конденсации сетевой воды, разработанная на базе программного комплекса "ROSA" Научно-исследовательским и конструкторским институтом энерготехники (Минатом России).

Кроме того, АО "Фирма ОРГРЭС", "Уралтехэнерго" и другими наладочными организациями разрабатываются рекомен-

дации по системам защит на основании данных экспериментальных исследований.

Для определения комплексной системы защит СЦТ от недопустимых изменений давлений в зависимости от конфигурации СЦТ, протяженности тепловых сетей, количества источников тепловой энергии, насосных станций в тепловых сетях, сложности рельефа местности следует применять расчетный, экспериментальный или совместный расчетно-экспериментальный метод.

Использование в ряде случаев только экспериментального метода ограничено следующим:

необходимостью значительного объема измерений и приборного обеспечения соответствующих работ, что возможно только при развитой системе телемеханизации, причем с обеспечением достаточной точности измерений и скорости опроса первичных преобразователей; малоинерционностью измерительных цепей;

необходимостью задействования на период испытаний практически всего тракта сетевой воды, включая источник тепла и магистральные тепловые сети с насосными станциями, что трудно осуществить на практике ввиду необходимости проведения сложных работ по подготовке тепловой сети (отключения потребителей тепла, открытия циркуляционных перемычек и др.) с привлечением большого числа персонала;

в связи с трудностями, а в ряде случаев с невозможностью создания всех вероятных возмущений гидравлического режима из-за их большого количества, а при ориентации лишь на максимальные возмущения (например, полное отключение сетевых насосов источника тепловой энергии) — невозможностью их осуществления на практике без риска повреждения оборудования.

1.8. Для защиты оборудования СЦТ разработаны и применяются противоударные устройства. Среди устройств, обеспечивающих понижение давления за счет сброса теплоносителя в дренажные емкости, наибольшее применение нашли

гидрозатворы-переливы, быстродействующие сбросные клапаны, разрывные мембраны.

Помимо этого используются мероприятия, позволяющие исключить или уменьшить повышение давления в аварийных переходных гидравлических режимах. К таким мероприятиям относятся внесение изменений в схему электроснабжения электродвигателей, устройство системы динамической защиты (в случае наличия в СЦТ нескольких насосных станций или двухступенчатой схемы сетевых насосов), установка обратных клапанов на обводных линиях насосных станций, изменение времени и закона закрытия (открытия) запорно-регулирующих устройств.

1.9. В настоящих Методических указаниях приведены требования к объему, техническим средствам и условиям проведения испытаний, а также рекомендации по составлению программы испытаний, выбору возмущающих воздействий на сеть при проведении испытаний и обработке полученных результатов.

1.10. При проведении испытаний следует учитывать требования ПТЭ [3] и ПТБ [4].

## 2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СЦТ, ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИСПЫТАНИЙ

Испытания, регламентируемые настоящими Методическими указаниями, реализуют метод экспериментального определения параметров переходных гидравлических режимов в СЦТ, который заключается в искусственном создании в реальной СЦТ схемы, гидравлический режим которой в достаточной мере имитирует ее (СЦТ) реальные схему и гидравлический режим, и ряда возмущений исходного гидравлического режима с одновременной регистрацией и контролем текущих параметров сетевой воды в нескольких конт-

рольных точках с последующими анализом полученных динамических характеристик изменения этих параметров, оценкой динамических свойств элементов СЦТ и реакции системы на созданные возмущения, определением необходимости проведения защитных мероприятий.

Указанный метод, как правило, может быть применен для непосредственного определения параметров переходных гидравлических процессов. Экспериментальный метод не является универсальным для всех СЦТ и для решения любых задач по определению параметров нестационарных гидравлических режимов.

2.1. Область применения экспериментального метода и настоящих Методических указаний определяется в зависимости от степени сложности СЦТ. Критерии для определения степени сложности СЦТ приведены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Критерии выбора способа определения опасности переходных гидравлических режимов по признакам сложности СЦТ**

| Признаки сложности СЦТ | Степень сложности СЦТ | | |
|---|---|---|---|
| | низшая* | средняя | высокая |
| Количество источников тепловой энергии, работающих на единую тепловую сеть | 1 | 1 | Более 1 |
| Количество магистралей от источника тепловой энергии | До 3 | До 3 | Любое |
| Количество групп сетевых насосов источника тепловой энергии локальной (гидравлически изолированной) СЦТ | 1 | 2 | Более 2 |
| Максимальный радиус действия тепловых сетей | До 10000 м | До 10000 | Любой |
| Количество теплопотребляющих ответвлений тепловых сетей | До 20 | От 20 до 50 | От 50 до 100 |
| Вид тепловой сети: | | | |
| радиальная | Да | Да | Любая |
| кольцевая | Нет | Нет | |

00-72

*Окончание таблицы 1*

| Признаки сложности СЦТ | Степень сложности СЦТ | | |
|---|---|---|---|
| | низшая* | средняя | высокая |
| Количество подкачивающих насосных станций (ПНС) | 1 | 1 | Любое |
| Характер рельефа местности | Монотонный | Монотонный | Переменный |
| Максимальная разность геодезических отметок отдельных элементов СЦТ | Менее 20 м | От 20 до 40 м | Любая |

* К низшей категории сложности также (кроме указанных в табл. 1) следует отнести локальные участки, такие как одна из магистралей от источника тепловой энергии, имеющего 3 и более выводов, с установленной на ней подкачивающей насосной станцией (ПНС) с расходом по магистрали, не превышающим средний суммарный расход сетевой воды на источнике тепловой энергии, отнесенный к количеству магистралей.

С учетом степени сложности СЦТ экспериментальный метод и настоящие Методические указания допускается применять для определения параметров нестационарных гидравлических режимов:

при решении задач защиты локальных участков и отдельных элементов СЦТ, а также при решении задачи комплексной защиты СЦТ низшей степени сложности;

при решении задачи комплексной защиты СЦТ и локальных ее участков средней степени сложности, а также оценке степени влияния испытываемых локальных участков на остальную тепловую сеть с дополнительным проведением расчетов с использованием упрощенной методики (разработанной ОАО "ВНИПИэнергопром" с участием АО "Фирма ОРГРЭС") [1] и [2];

при решении задачи комплексной защиты СЦТ либо отдельных элементов СЦТ высокой степени сложности (уточнения динамических характеристик СЦТ) при обязательном выполнении расчетов по полной схеме на ЭВМ (методики, используемые ОАО "ВНИПИэнергопром" и АО "Фирма ОРГРЭС");

при проведении проверки работы и уточнения уставок смонтированных систем защит (этот вид работ относится ко всем СЦТ вне зависимости от их сложности).

2.2. Основными целями испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах работы являются определение их опасности для оборудования систем СЦТ при встречающихся в практике эксплуатации аварийных возмущениях, выявление экстремально возможных давлений, времени их возникновения и т.п. для последующего определения средств защиты и технических характеристик устройств защиты, выявление реальных динамических характеристик СЦТ для использования их в последующих расчетных исследованиях переходных гидравлических режимов, проверка работы смонтированных систем защит от недопустимых изменений давлений.

2.3. Требования к установлению исходного гидравлического режима, к приборному обеспечению и другие при проведении испытаний в зависимости от поставленной задачи и степени сложности конкретной СЦТ различны.

Приводимые ниже основное содержание испытаний СЦТ и состав работ (разд. 3 настоящих Методических указаний) определены для двух групп задач:

2.3.1. I группа задач: определение параметров нестационарных гидравлических режимов для:

2.3.1.1. разработки комплексной защиты СЦТ низшей и средней степеней сложности;

2.3.1.2. разработки защиты локальных участков СЦТ низшей степени сложности;

2.3.1.3. проверки работы смонтированных систем защит от недопустимых изменений давлений низшей и средней степеней сложности.

2.3.2. II группа задач: определение параметров нестационарных гидравлических режимов для:

2.3.2.1. разработки комплексной защиты СЦТ высокой степени сложности;

2.3.2.2. разработки защиты локальных участков СЦТ средней и высокой степеней сложности с определением воздействия защиты на другие участки СЦТ;

2.3.2.3. проверки работы смонтированных систем защит от недопустимых изменений давлений в СЦТ высшей степени сложности.

2.4. Объем испытаний, конкретные возмущающие воздействия и их значения определяются поставленными целями и задачами, ограничиваются возможностями технологического оборудования, обоснованными предварительными расчетами параметров нестационарных гидравлических режимов по соответствующей упрощенной методике и отражаются в технической и рабочей программах испытаний.

2.5. Результатами испытаний являются измеренные параметры нестационарных гидравлических режимов СЦТ.

## 3. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИСПЫТАНИЙ СЦТ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

Конкретный состав работ при проведении испытаний разделяется на три этапа.

**I. Подготовительный этап.**

Включает следующие виды работ:

анализ системы теплоснабжения и постановка задачи испытаний;

составление перечня возмущающих воздействий при проведении испытаний; определение допустимости создаваемых возмущений;

определение конфигурации СЦТ, задействованной в период испытаний, температурного и гидравлического режимов СЦТ в период испытаний;

определение объема измерений, приборного обеспечения испытаний;

составление технической и рабочей программ испытаний;

обеспечение требований безопасности.

**II. Экспериментальный (основной) этап.**

Включает такие виды работ, как:

подготовка экспериментального испытательного контура и других элементов СЦТ к испытаниям;

создание и регулировка исходного испытательного режима;

тарирование, подключение и проверка регистрирующих приборов, их синхронизация, проверка каналов связи;

инструктаж и расстановка персонала, участвующего в испытаниях;

внесение возмущений в испытательный гидравлический режим и регистрация динамических характеристик в намеченных контрольных точках СЦТ;

обследование тепловой сети после завершения испытаний, выявление и устранение при необходимости повреждений СЦТ;

восстановление эксплуатационного гидравлического и температурного режима СЦТ.

**III. Аналитический (заключительный) этап.**

Состав работ этого этапа следующий:

расшифровка экспериментальных данных и их представление в удобной для анализа форме;

предварительный анализ экспериментальных данных, выявление и исключение недостоверных результатов измерений;

анализ экспериментальных данных, анализ переходных гидравлических характеристик по участкам сети, определение зон недопустимых давлений, составление перечня оборудования, требующего защиты;

разработка защитных мероприятий, определение характеристик защитных устройств.

## 3.1. Подготовительный этап испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах

### *3.1.1. Анализ системы теплоснабжения и постановка задачи испытаний*

Для принятия обоснованного решения о проведении испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах необходимо провести анализ СЦТ.

В ходе анализа СЦТ необходимо рассмотреть следующую основную исходную информацию:

схему тепловых сетей с указанием длин участков, диаметров трубопроводов, расчетных расходов теплоносителя;

пьезометрические графики тепловой сети в соответствии с зимним рабочим гидравлическим режимом тепловой сети;

принципиальные схемы источников тепловой энергии и подкачивающих насосных станций с перечнем установленного оборудования;

тип системы теплоснабжения (открытая, закрытая);

схемы присоединения теплопотребляющих установок (зависимая, независимая);

допустимые значения давлений для оборудования источников тепловой энергии, тепловых сетей, систем теплопотребления;

перечень защит, используемых на оборудовании водоподогревательных установок источников тепловой энергии, тепловых сетей, систем теплопотребления.

На основании анализа вышеперечисленной исходной информации в соответствии с п. 2.1 определяются степень сложности СЦТ и допустимость применения испытаний тепловых СЦТ в соответствии с настоящими Методическими указаниями.

В ходе анализа СЦТ следует также проанализировать сведения об отказах оборудования, имевших место в рассматриваемой СЦТ, и связанных с ними повреждениях оборудования источников тепла, тепловых сетей, систем теплопотребления по причинам их возникновения, а также о возможных нарушениях в работе оборудования. На основании этого анализа и общего решения о проведении испытаний в соответствии п. 2.3 определяются конкретные задачи испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах.

При планировании испытаний допускается намечать одновременное решение нескольких задач.

### *3.1.2. Составление перечня возмущающих воздействий при проведении испытаний, определение допустимости создаваемых возмущений*

Перечень возмущающих воздействий определяется типом поставленной задачи на основе анализа режимов работы СЦТ и критерия сложности рассматриваемой СЦТ.

3.1.2.1. Для задач I и II групп по пп. 2.3.1.1; 2.3.1.2; 2.3.2.1 и 2.3.2.2 необходимо предусматривать следующие возмущения исходного гидравлического режима:

аварийное полное отключение сетевых насосов источника тепловой энергии;

аварийное частичное отключение сетевых насосов источника тепловой энергии;

аварийное полное отключение насосов подкачивающих насосных станций;

аварийное частичное отключение насосов подкачивающих насосных станций;

несанкционированное закрытие (открытие) запорной арматуры, исполнительных устройств автоматических систем регулирования и защиты (АСРиЗ); необходимость выполнения указанных действий должна определяться на основании анализа схемы автоматизации гидравлического режима СЦТ и выявления возможности несанкционированного закрытия (открытия) клапанов рассечки, регуляторов давления и др.;

проверка функционирования АСРиЗ для обеспечения безопасных переходных гидравлических режимов при регулировании и срабатывании системы защиты.

3.1.2.2. При проведении испытаний для проверки работы смонтированных систем защит от недопустимых изменений давлений в СЦТ любой степени сложности (при решении задач по пп. 2.3.1.3 и 2.3.2.3) следует предусматривать возмущения исходного режима, соответствующие тем аварийным ситуациям, для защиты от которых предназначены испытываемые системы защит. При проведении испытаний гидравлических АСРиЗ необходимо учитывать требования [7] и [8].

3.1.2.3. Определение возможных вариантов аварийных отключений сетевых насосов источников тепла, насосов подкачивающих насосных станций по п. 3.1.2.1 и временных интервалов перерыва в электроснабжении насосных агрегатов выполняется на основе анализа схемы электроснабжения электродвигателей сетевых насосов. Допускается дополнять п. 3.1.2.1 возмущениями, связанными с отключениями или пуском насосов подпитки тепловой сети, с пуском и АВР сетевых насосов источника тепловой энергии или подкачивающих насосов насосных станций.

3.1.2.4. Выбор системы защиты в переходных гидравлических режимах для задач II группы предусматривает сочетание расчетного и экспериментального методов, поэтому до проведения испытаний выполняются предварительные расчеты, на основании которых определяется необходимый перечень возмущений для их имитации при проведении испытаний.

3.1.2.5. Допустимость возмущений, подводимых к оборудованию испытываемой СЦТ, определяется на основании предварительных расчетов переходных гидравлических режимов.

Оценка допустимости возмущений, создаваемых в испытываемой СЦТ низшей степени сложности, производится в соответствии с [1] и [2].

Проведение испытаний в системах средней степени сложности предусматривает использование экспериментального метода в сочетании с расчетным (в частности, с использованием упрощенных расчетных зависимостей [1] и [2]). В соответствии с результатами предварительных расчетов определяются возможные максимальные значения давлений и допустимость каждого рассматриваемого возмущения.

Для СЦТ высокой степени сложности перечень и допустимость подводимых возмущений определяются на основании расчетов в соответствии с требованиями п. 2.1.3.

### *3.1.3. Конфигурация СЦТ, задействованной в период испытаний*

3.1.3.1. Для задач I группы требования к конфигурации СЦТ в период испытаний должны обеспечить имитацию работы, максимально соответствующую реальным условиям СЦТ:

в испытаниях должны участвовать, как правило, все тепломагистрали от источника тепловой энергии. Допускается исключение из состава испытаний выводов с источника тепловой энергии, суммарный расход сетевой воды через которые ($G_{\text{сумм.маг.}i}$) составляет менее 10% расчетного суммарного расхода сетевой воды данного источника тепловой энергии ($G_{\text{сумм.ист}}$), т.е. $G_{\text{сумм.маг.}i} < 0{,}1\ G_{\text{сумм.ист}}$;

отопительные системы потребителей тепла на период испытаний, как правило, должны быть отключены. Решение о допустимости участия оборудования отдельных потребителей тепла в испытаниях должно быть обосновано расчетами, выполненными с учетом требований безопасности данных потребителей;

циркуляционные перемычки между подающим и обратным трубопроводами (степень их открытия) должны обеспечивать имитацию зимнего гидравлического режима с расходом сетевой воды, соответствующим расчетному расходу при температуре теплоносителя в точке излома температурного графика. При реальной работе СЦТ на повышенных (относительно зимних расчетных расходов) расходах теплоносителя допускается проведение испытаний с имитацией реальных гидравлических режимов;

имитация ответвлений от основной магистрали тепловой сети осуществляется открытием циркуляционных перемычек на данной магистрали при выполнении условий:

– расчетный расход сетевой воды ($G_{\text{отв}}$) через имитируемое ответвление составляет менее 10% расчетного расхода по основной магистрали ($G_{\text{маг}}$) на выходе из источника тепловой энергии, а также если протяженность данного ответвления ($L_{\text{отв}}$) составляет менее 250 м (в двухтрубном исчислении), т.е. $G_{\text{отв}} < 0{,}1\ G_{\text{маг}}$ и $L_{\text{отв}} < 250$ м;

– если $G_{отв} > 0,1\ G_{маг}$ или $L_{отв} > 250$ м, то имитация режима работы ответвления осуществляется открытием циркуляционной перемычки в конце данного ответвления;

допускается имитация гидравлического режима работы установок группы потребителей тепла с суммарным расходом сетевой воды через них ($G_{сум.гр.потр}$) менее 10% от $G_{маг}$ путем открытия перемычек между подающим и обратным трубопроводами основной магистрали, т.е. $G_{сум.гр.потр} < 0,1\ G_{маг}$. Открываемые перемычки должны находиться, как правило, после имитируемой группы потребителей;

концентрированные тепловые нагрузки (1 – 2 крупных потребителей тепла с расчетным расходом сетевой воды $G_{потр}$ более 10% $G_{маг}$, т.е. при $G_{потр} > 0,1\ G_{маг}$) имитируются открытием одной или нескольких перемычек у данных потребителей.

3.1.3.2. Для задач II группы следует принимать конфигурацию СЦТ, как правило, в соответствии с требованиями, предъявленными к задачам I группы.

При невозможности обеспечения указанных требований допускается исключение части выводов от источника тепловой энергии и части ответвлений от основной магистрали с тем, чтобы суммарный расход сетевой воды от источника тепловой энергии не был ниже 70% расчетного расхода сетевой воды в зимний период эксплуатации. В этом случае необходимо выполнение сопоставительных расчетов по условиям эксперимента для последующей корректировки расчетных схем (при необходимости) и выполнения расчетов исследований переходных гидравлических режимов для всего диапазона возможных аварийных возмущений.

3.1.3.3. При определении конфигурации локальных участков СЦТ используются требования пп. 3.1.3.1 и 3.1.3.2 применительно непосредственно к участкам.

### *3.1.4. Температурный и гидравлический режимы СЦТ в период испытаний*

3.1.4.1.Температура сетевой воды в период проведения испытаний во всех точках СЦТ, задействованной на период

испытаний, должна быть не более 40°С, согласно [5]. Водоподогревательное оборудование источника тепловой энергии на период испытаний должно быть отключено.

3.1.4.2. Во время испытаний в СЦТ устанавливается гидравлический режим, соответствующий зимнему эксплуатационному гидравлическому режиму.

Распределение давлений по основным магистралям тепловой сети должно соответствовать зимнему режиму с отклонениями ±0,05 МПа (±0,5 кгс/см$^2$).

3.1.4.3. До начала испытаний, после регулировки режимов тепловой сети, задействованной в испытаниях, должна проводиться регистрация давлений сетевой воды в исходном режиме (манометрическая съемка).

Регистрация давлений сетевой воды в исходном режиме производится в узловых точках СЦТ:

до и после задвижек на циркуляционных перемычках, на насосных станциях тепловой сети;

до и после перекачивающих насосов;

до и после регулирующих клапанов;

до и после сетевых насосов на коллекторах источника тепла;

до и после сетевых подогревателей и водогрейных котлов.

Регистрация давлений сетевой воды в исходном режиме должна производиться с учетом реального положения манометров относительно оси трубопровода.

3.1.4.4. Расход сетевой воды в тепловой сети и на источнике тепловой энергии контролируется по штатным измерительным приборам. При отсутствии расходомеров (счетчиков количества теплоносителя) на насосных станциях тепловой сети расход сетевой воды через насосные агрегаты контролируется по токовой нагрузке приводов насосов.

3.1.4.5. На период испытаний отключаются отопительные системы всех потребителей тепла, подключенных по зависимой схеме, а также потребителей тепла, подключенных по независимой схеме, расположенные на нижних геодезических отметках.

В открытых системах теплоснабжения целесообразно отключение максимального количества потребителей тепла по горячей воде с целью имитации режимов с минимальным водоразбором ("ночной режим"), являющихся наиболее опасными при прохождении переходных гидравлических режимов.

3.1.4.6. Гидравлический режим водоподогревательной установки источника тепла имитируется частичным открытием задвижек на байпасных линиях теплообменного оборудования.

3.1.4.7. На период испытаний все технологические защиты должны находиться в работоспособном состоянии.

Допускается отключение отдельных технологических защит (например, АВР сетевых или перекачивающих насосов при риске нестационарной конденсации вскипевшего в верхних точках сети теплоносителя при их повторном пуске), что должно обосновываться расчетами, либо при решении локальной задачи — проверкой значений уставок технологических защит.

### *3.1.5. Технические требования к приборному обеспечению испытаний*

3.1.5.1. При проведении испытаний должны использоваться средства измерений, обеспечивающие визуальный контроль и регистрацию параметров (давления, температуры, расхода сетевой воды) исходного стационарного режима, промежуточных (между переходными режимами) и конечного стационарного режима сети.

Визуальный контроль и регистрация параметров стационарных режимов могут производиться с помощью установленных измерительных приборов, используемых при эксплуатации СЦТ и имеющих действующие поверительные (калибровочные) клейма, при необходимости устанавливаются дополнительные средства измерений.

3.1.5.2. При проведении испытаний должны использоваться средства и системы измерений, обеспечивающие измерение и регистрацию изменения во времени текущих параметров гидравлических переходных процессов — мгновенных дав-

лений, при необходимости частоты вращения роторов отключаемых (пускаемых) насосных агрегатов и расхода сетевой воды. Указанные средства и системы измерений должны удовлетворять общим технологическим требованиям, перечисленным ниже:

включение (присоединение) датчика-преобразователя не должно заметно изменять (искажать) статические и динамические свойства объекта, характеристики которого определяются (например, импульсные гидравлические линии для подключения первичных преобразователей должны иметь ограниченную протяженность и гидравлическую емкость, большую механическую жесткость; не допускается завоздушивание этих линий, оптимальным является установка датчиков непосредственно на трубопровод без гидравлической импульсной линии);

инерционность систем измерений должна быть пренебрежительно мала (не менее чем в десять раз) по сравнению с инерционностью испытываемой СЦТ и задействованного в испытаниях оборудования;

быстродействие системы измерения должно обеспечивать удовлетворительное построение кривой переходного процесса, для чего должно составлять не менее двух измерений в секунду; при применении контрольно-измерительной аппаратуры с выводом информации на магнитные носители частота опроса каждого датчика должна соответствовать указанному значению;

электрическая коммутационная сеть и измерительные приборы должны быть малочувствительны к внешним электромагнитным возмущениям (наводкам);

регистрирующие приборы должны быть синхронизированы по времени;

конструкция, тип исполнения, способ установки средств измерений, класс изоляции, а также соединительных проводов должны соответствовать параметрам электросети, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих разделов Правил устройства электроустановок [10];

при проведении испытаний следует пользоваться средствами испытаний, поверенными (калиброванными) или аттестованными в установленном Госстандартом России порядке и имеющими действующие поверительные клейма или свидетельства о поверке или аттестации.

3.1.5.3. Уровень метрологического обеспечения средств измерений должен соответствовать рекомендациям [9].

3.1.5.4. Основными видами средств измерений при проведении испытаний являются измерительные приборы и измерительные преобразователи.

Средства измерений с дистанционной передачей показаний, как правило, должны быть унифицированными. Диапазон изменения унифицированного электрического сигнала постоянного тока может составлять:

0 – 5 мА;

0 – 20 мА;

0 – 100 мА.

Рекомендуется использовать приборы с электрическим сигналом 0 – 5 мА.

### *3.1.6. Требования к точности измерительных приборов*

3.1.6.1. Для осуществления визуального контроля давлений в СЦТ при исходном стационарном режиме допускается использовать измерительные приборы (манометры, измерительные системы – датчик и вторичный прибор), обеспечивающие абсолютную погрешность не более ±0,02 МПа (±0,2 кгс/см$^2$).

3.1.6.2. Для осуществления контроля расхода сетевой воды в СЦТ допускается использовать измерительные приборы, обеспечивающие относительную погрешность измерений не более ±5%.

3.1.6.3. Для измерения значений возмущающих воздействий и реакции системы по давлению на возмущающие воздействия с автоматической регистрацией результатов допускается использовать измерительные системы, обеспечивающие:

абсолютную погрешность измерения давления 0,02 МПа (0,2 кгс/см$^2$),

абсолютную погрешность измерения времени 0,05 с.

### *3.1.7. Объем измерений*

Необходимый объем измерений определяется задачей испытаний.

3.1.7.1. В период проведения испытаний при решении задач I и II группы по пп. 2.3.1.1; 2.3.1.2; 2.3.2.1 и 2.3.2.2 необходимо проводить следующие измерения.

3.1.7.1.1. Регистрацию изменения давлений во времени в контрольных точках СЦТ:

на источнике тепла:

– в обратном и подающем коллекторах сетевой воды (при поддержании различных режимов для отдельных тепломагистралей также на выводах тепловой сети от источника тепла);

– во всасывающих и напорных коллекторах каждой группы сетевых насосов;

– на выходе и входе в сетевые теплообменники источника тепла, водогрейные котлы при протяженности внутристанционных сетевых трубопроводов более 200 м, связывающих коллекторы насосных агрегатов с водогрейными котлами или сетевыми подогревателями, а также при блочной схеме ТЭЦ с отсутствием гидравлических связей между аналогичными ступенями сетевых подогревателей различных блоков;

в тепловых сетях:

– во всасывающем и в напорном коллекторах перекачивающих насосных станций;

– до и после клапанов рассечки тепловой сети на гидравлически изолированные зоны;

– до (по ходу воды) сбросных защитных устройств (при применении сбросных клапанов с гидроприводами целесообразно регистрировать давление в надмембранном пространстве клапанов или на соответствующих импульсных линиях);

– на отдельных участках тепловых сетей (например, на ответвлениях к потребителям тепла, расположенных на низ-

ких геодезических отметках, или на участках сети, в которых возможно вскипание теплоносителя в эксплуатационных условиях), перечень которых определяется в составе результатов предварительных расчетов.

3.1.7.1.2. При необходимости (как правило, при решении задач по п. 2.3.1.1) — регистрацию изменения частоты вращения роторов отключаемых насосных агрегатов (по одному из каждого типа насосных агрегатов).

3.1.7.2. В период проведения испытаний при решении задач I и II группы по пп. 2.3.1.2, 2.3.1.3, 2.3.2.2, 2.3.2.3 допускается ограничивать объем измерений по п. 3.1.7.1 точками СЦТ, расположенными непосредственно в пределах выделенного для испытаний локального объекта и на участках СЦТ, граничащих с выделенным объектом, если предварительные расчеты параметров переходных гидравлических режимов при подводимых возмущениях с учетом действия средств защиты не превышают предельно допустимых значений для остальных участков (объектов) СЦТ.

3.1.7.3. Для всех видов задач I и II групп проводится:

контроль и ручная (или с помощью средств телемеханизации) регистрация давлений в контрольных точках СЦТ до начала основного этапа испытаний (исходный режим) и в течение всего основного этапа испытаний не реже одного измерения в 10—15 мин с записью результатов измерений в журналы наблюдений или (в случае применения средств телемеханизации) на магнитные носители;

контроль расходов сетевой воды в контрольных точках СЦТ до начала и в период проведения основного этапа испытаний:

— на источнике тепла по каждой магистрали тепловой сети в подающем и обратном трубопроводах и подпиточной воды;

— в тепловых сетях через подкачивающие насосные станции.

### *3.1.8. Составление технической и рабочей программ испытаний*

При подготовке испытаний необходимым этапом является составление технической и рабочей программ испытаний.

Техническая и рабочая программы испытаний должны разрабатываться в соответствии с [8] и подлежат согласованию в тех организациях, оборудование и персонал которых задействуется при испытаниях.

3.1.8.1. Техническая программа устанавливает цель и сроки проведения испытаний и этапы испытаний, режимы работы оборудования элементов СЦТ, режимы работы источника тепла, тепловой сети, систем теплопотребления на каждом этапе испытаний, отклонение параметров в процессе испытаний и их предельные значения, а также оговаривает методы проведения испытаний и регистрации параметров.

3.1.8.2. Рабочая программа устанавливает исходное состояние системы и оборудования, последовательность технологических операций при подготовке, проведении и прекращении испытаний, требования к поддержанию основных параметров оборудования, меры безопасности.

3.1.8.3. Техническая программа должна содержать следующие разделы:

цели работы и объект испытаний;

подготовительные работы. В данном разделе необходимо дать следующие сведения:

— объем и сроки проведения комплекса работ, предшествующих проведению испытаний;

— перечень специальной регистрирующей аппаратуры и места установки датчиков;

— точное обозначение задействованных в испытаниях участков тепловой сети, перемычек и ответвлений; перечень задействованного, а также отключенного оборудования насосных станций, источника тепла и систем теплопотребления и дается описание испытательного контура;

условия проведения испытаний. В данном разделе приводятся следующие сведения:

— перечень параметров, характеризующих режим работы тепловой сети и оборудования, о которых сообщается руководителю работ перед каждым опытом и после его завершения;

— порядок передачи операторам на объектах СЦТ команд и подтверждения получения этих команд;

— порядок синхронизации работы регистрирующей аппаратуры на различных объектах;

— порядок выполнения команд операторами на объектах, в том числе порядок отключения насосного оборудования или имитации других нарушений работы сети;

перечень этапов испытаний, общее время проведения работ. В данном разделе даются следующие сведения:

— перечень этапов в соответствии с последовательностью проведения опытов (перечень следует составлять в соответствии с выполненным ранее анализом СЦТ, предварительным расчетом переходных процессов в сети и последовательным нарастанием интенсивности возмущающих воздействий);

— перечень факторов, определяющих переход к следующему этапу, отмену этапов или прекращение испытаний;

режимы работы задействованного оборудования. В данном разделе даются следующие сведения:

— режим работы задействованного оборудования источника тепловой энергии и тепловой сети;

— перечень отключенного оборудования;

— перечень задействованных и отключенных потребителей тепла;

— температурный режим оборудования во время испытаний;

— предельные значения параметров сетевой воды для различных точек тепловой сети и систем теплопотребления;

порядок прекращения испытаний;

перечень организаций и лиц, ответственных за обеспечение и проведение испытаний и согласование технической и рабочей программ;

перечень мер по безопасному проведению испытаний.

3.1.8.4. Рабочая программа должна содержать следующие разделы:

объем подготовительных работ, обеспечивающих проведение испытаний. В данном разделе даются следующие сведения:

– порядок руководства проведением испытаний с перечнем должностных лиц, ответственных за проведение испытаний, руководителя испытаний и его заместителей и места их расположения во время испытаний;

– порядок создания испытательного контура с указанием задействованных участков трубопроводов, тепловых камер, перемычек и ответвлений к потребителям с перечнем закрытой и открытой запорной арматуры, а также перечнем задействованных регуляторов и их уставок, устройств технологической защиты;

– перечень задействованного насосного оборудования на источнике и насосных станциях с указанием о включении или отключении системы АВР;

– перечень регистрирующей аппаратуры с указанием пределов измерений, контролируемых параметров и точек установки датчиков;

– перечень средств связи и способов передачи информации руководителю испытаний;

– состояние системы с данными по исходному стационарному режиму с указанием расходов среды по задействованным магистралям, перемычкам и ответвлениям, температуры сетевой воды, давлений в контрольных точках;

перечень и последовательность технологических операций при проведении запланированных опытов и их исполнители. В данном разделе даются следующие сведения:

– в соответствии с перечнем опытов последовательность операций, производимых при проведении каждого из запланированных опытов, и исполнители этих операций;

– указания о возможной корректировке хода испытаний по промежуточным результатам испытаний;

– указания по порядку прекращения испытаний и выво-

ду из работы задействованного оборудования СЦТ (здесь же приводятся данные по параметрам и режимам системы после прекращения испытаний или порядку создания требуемого стационарного режима);

указания о подготовке персонала к проведению испытаний. В данном разделе даются следующие сведения:

— проведение необходимого инструктажа, указания об объектах и оборудовании, требующих повышенного внимания;

— меры безопасности для персонала;

— уточнение действий персонала при возможных незапланированных отключениях и включениях оборудования.

К рабочей программе прилагаются при необходимости схема испытательного контура, схема используемых при испытаниях трубопроводов источника тепловой энергии, пьезометрический график исходного стационарного режима испытываемой магистрали и другие технические материалы.

### *3.1.9. Требования безопасности*

Реализация экспериментального метода определения параметров переходных гидравлических режимов сопровождается воздействием на элементы СЦТ повышенных давлений, причем значения давлений в непредвиденных случаях (при ошибках в предварительных расчетах, плохом техническом состоянии оборудования и трубопроводов и др.) могут выйти за пределы допустимых по условиям прочности для трубопроводов и оборудования.

Подготовка СЦТ к испытаниям сопровождается временной установкой контрольно-измерительных приборов, а испытания — использованием технологического оборудования в нештатных режимах, отключением некоторых устройств технологической защиты.

Комплекс мероприятий по технике безопасности проводимых при подготовке испытаний должен иметь целью разработку и реализацию организационных мероприятий, направленных на предотвращение воздействия на персонал СЦТ опасных факторов при проведении испытаний.

Перед испытаниями проводится инструктаж задействованного персонала по действиям на рабочих местах во время испытаний.

Временная установка приборов с электропитанием должна производиться с учетом требований ПУЭ [10].

Средства защиты, используемые приборы и приспособления должны соответствовать нормативным документам по охране труда.

Планируемые на период испытаний мероприятия по безопасности и условия работы задействованного персонала на временных рабочих местах должны соответствовать требованиям [4] и других отраслевых нормативно-технических документов.

## 3.2. Экспериментальный (основной) этап испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах

В начале основного (экспериментального) этапа испытаний перед проведением экспериментов (опытов) в соответствии с технической и рабочей программами испытаний должны быть выполнены следующие работы:

тарировка, подключение и проверка регистрирующих приборов, их синхронизация, проверка каналов связи;

инструктаж и расстановка персонала, участвующего в испытаниях;

необходимые переключения в СЦТ и регулировка исходного гидравлического режима испытаний;

регистрация параметров исходного гидравлического режима и проверка соблюдения требований к его созданию, при необходимости дополнительные работы по регулировке.

По окончании указанных работ руководитель испытаний принимает решение о начале проведения первого опыта, о чем по задействованным каналам связи сообщает оперативному персоналу, непосредственно участвующему в создании возмущающих воздействий и регистрации динамических характеристик параметров гидравлического режима.

### *3.2.1. Внесение возмущений в испытательный гидравлический режим и регистрация динамических характеристик в намеченных контрольных точках СЦТ*

3.2.1.1. Внесение каждого возмущения в испытательный гидравлический режим производится в соответствии с утвержденной рабочей программой испытаний с соблюдением приведенной в ней последовательности каждой операции.

3.2.1.2. До начала проведения каждого опыта (внесения возмущения) операторы оборудования, создающего возмущение (т.е. пуск или останов которого вносит испытываемое возмущение), сообщают руководителю испытаний о готовности к выполнению команд.

3.2.1.3. Руководитель испытаний отдает команду о проведении очередного опыта и объявляет точное время внесения возмущения. Промежуток времени с момента объявления команды до момента внесения возмущения должен быть достаточным для прохождения (передачи) команды руководителя испытаний до всех лиц из числа оперативного персонала, задействованного на период испытаний непосредственно для выполнения его команд.

3.2.1.4. Операторы оборудования, создающего возмущение, и операторы быстродействующих регистрирующих измерительных приборов подтверждают получение данной команды.

3.2.1.5. Операторы быстродействующих регистрирующих измерительных приборов за 5-20 с (в зависимости от инерционности быстродействующих регистрирующих приборов) до установленного времени включают электронные устройства опроса первичных преобразователей и (или) лентопротяжные механизмы самопишущих регистрирующих приборов.

3.2.1.6. Операторы оборудования, создающего возмущение, точно в назначенное время наносят требуемое в данном опыте возмущение (посредством пуска или останова оборудования, закрытия или открытия арматуры и т.п.) в соответствии с рабочей программой испытаний.

3.2.1.7. После стабилизации давления в контрольных точках (±0,05 МПа) операторы быстродействующих регистрирующих измерительных приборов отключают регистрирующие приборы и сообщают руководителю работ о завершении регистрации параметров.

3.2.1.8. По окончании регистрации руководитель испытаний должен оперативно опросить участников испытаний на предмет успешности проведенных операций по регистрации параметров, срабатыванию защит, устройств регулирования и другого оборудования, работа которых предусматривалась в период проведения опыта. По результатам проведенного опроса руководитель работ оценивает результаты опыта с точки зрения необходимости его повторного проведения.

Параллельно производится опрос оперативного персонала источника тепла, тепловых сетей, в том числе выставленных наблюдателей, о нарушениях в работе оборудования, разрывах трубопроводов, задействованных на период испытаний, недопустимых изменениях параметров теплоносителя, не предусмотренных рабочей программой испытаний, и т.п.

На основании результатов оперативного опроса руководитель работ принимает решение о повторении опыта, продолжении испытаний либо досрочном их прекращении.

3.2.1.9. Руководитель испытаний подает команду о восстановлении исходного режима испытаний, требуемого для проведения очередного или повторения произведенного опыта.

3.2.1.10. В случае выявления повреждений оборудования и трубопроводов в период проведения опыта или нерасчетных изменений параметров сетевой воды, которые могут привести к таким повреждениям при последующих опытах, руководитель испытаний оперативно решает вопрос о прекращении испытаний и (при необходимости) принимает меры к устранению повреждений оборудования и трубопроводов и восстановлению эксплуатационного режима СЦТ.

3 2.1.11. Оперативный персонал, участвующий в испытаниях, производит необходимые переключения в соответствии с командами руководителя испытаний, требуемые для повто-

рения проведенного опыта или выполнения следующего в соответствии с рабочей программой испытаний либо для досрочного прекращения испытаний.

### *3.2.2. Обследование тепловой сети после завершения испытаний, выявление и устранение при необходимости повреждений СЦТ*

По окончании испытаний должно быть произведено визуальное обследование (контроль состояния) оборудования и трубопроводов, задействованных в испытаниях, для выявления возможных технических дефектов.

Состав работ при таком обследовании аналогичен подобным работам, проводимым при проведении испытаний трубопроводов и оборудования на плотность и прочность.

Дополнительно должна быть проверена работоспособность штатных устройств авторегулирования и защиты, задействованных в период испытаний, а также тех, которые были выведены из работы на этот период. Порядок и состав работ по проверке устройств авторегулирования и защиты аналогичны порядку и составу работ, проводимых периодически при их эксплуатации в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

Выявленные дефекты трубопроводов и оборудования, средств автоматизации и защиты, которые могут привести к нарушениям в работе СЦТ в эксплуатационном режиме, подлежат устранению до восстановления нормальной работы СЦТ. Другие выявленные дефекты подлежат регистрации в установленном порядке и устраняются при ближайшем плановом отключении соответствующих участков трубопроводов, оборудования, подкачивающих насосных станций, водоподогревательной установки источника тепла и других элементов СЦТ.

### *3.2.3. Восстановление эксплуатационного гидравлического и температурного режимов СЦТ*

Восстановление эксплуатационного гидравлического и температурного режимов СЦТ производится после устранения

выявленных дефектов трубопроводов и оборудования, средств автоматизации и защиты, которые возникли при проведении испытаний и могут привести к нарушениям в работе СЦТ в нормальном эксплуатационном режиме.

Восстановление эксплуатационного гидравлического и температурного режимов СЦТ производится по командам руководителя испытаний или дежурного диспетчера тепловой сети, который в соответствии с программой испытаний принимает на себя оперативное руководство СЦТ по окончании испытаний.

Последовательность операций по восстановлению эксплуатационного гидравлического и температурного режимов СЦТ должна быть предусмотрена рабочей программой испытаний.

## 3.3. Аналитический (заключительный) этап испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах

### *3.3.1. Расшифровка экспериментальных данных и их представление в удобной для анализа форме*

Полученная в ходе каждого опыта измерительная информация подвергается предварительной обработке с целью представления ее в единой и удобной для последующего анализа форме.

3.3.1.1. Обработка результатов измерения параметров исходных режимов для каждого опыта проводится следующим образом:

результаты регистрации давлений исходного режима, выполненной в течение всего хода испытаний через заданные промежутки времени по манометрам, установленным в контрольных точках СЦТ, и произведенной либо наблюдателями, выставленными в этих точках, либо посредством системы телеметрии, должны быть:

– при необходимости приведены в единую систему измерений;

— откорректированы на фактическое положение манометров относительно оси трубопровода или оборудования;

— сгруппированы с учетом времени произведенных измерений по каждому из проведенных опытов в соответствии с рабочей программой испытаний;

результаты контроля (измерения) расхода сетевой воды, выполненного в течение всего хода испытаний по расходомерам, установленным в контрольных точках СЦТ, следует:

— при необходимости привести в единую систему измерений;

— сгруппировать с учетом времени произведенных измерений по каждому из проведенных опытов в соответствии с рабочей программой испытаний;

— откорректировать, исключив результаты измерения расхода, выходящие за допустимые пределы измерений (пределы шкалы) конкретных расходомеров.

После группировки результатов измерений расхода по каждому опыту внутри каждой группы выделяются результаты измерений, соответствующие исходному режиму до начала каждого опыта.

Целесообразно также (если это представляется возможным, т.е. позволяют инерционные свойства и пределы шкалы использованных расходомеров) выделять отдельно динамические характеристики изменения расхода сетевой воды в контрольных точках начиная с момента внесения возмущения (начала опыта) до момента стабилизации параметров (окончания опыта).

3.3.1.2. Обработка результатов измерения параметров переходных гидравлических процессов (давления сетевой воды, частоты вращения роторов насосных агрегатов, перемещения органов запорно-регулирующей арматуры, расхода сетевой воды и др.) и их изменений во времени выполняется следующим образом:

результаты измерения текущих значений указанных параметров в контрольных точках СЦТ в каждом опыте могут быть получены в одном из двух видов:

– графическом – в случае применения самопишущих регистрирующих приборов (светолучевых осциллографов с представлением результатов измерений на светочувствительной бумаге и т.п );

– табличном – в случае применения приборов с регистрацией (архивированием или выводом на печать) текущих значений измеряемого параметра и времени на магнитных носителях информации;

для удобства последующего анализа полученные результаты измерений целесообразно представлять в двух указанных видах, при этом необходимо:

- привести каждый параметр к единой выбранной для этого параметра единице измерения;

– привести результаты измерения параметров в каждом опыте к единой шкале измерения времени переходного процесса (допускается применение различных шкал измерения для разных периодов переходного процесса в одном опыте);

– сгруппировать результаты измерения по каждому проведенному опыту и по тем объектам СЦТ, где проводились указанные измерения (источник тепла, подкачивающая насосная станция, дроссельная станция, локальный участок тепловой сети и т.п ), а также при необходимости в зависимости от поставленных задач по конкретному оборудованию (группе сетевых или перекачивающих насосов, подающему или обратному коллекторам источника тепла, быстродействующему сбросному устройству и т.п.);

– объединить и при необходимости построить в единой системе координат динамические характеристики по аналогичным параметрам (например, по изменению давления или др.) для каждой объединенной группы (объекта СЦТ или конкретного оборудования); допускается построение динамических характеристик по различным параметрам на одном графике с общей шкалой по времени и различными шкалами – по каждому параметру);

– на каждом графике динамической характеристики нанести линии предельно допустимых значений (максимум и

минимум) для каждого параметра по условиям прочности оборудования, поддержания требуемого технологического режима, в том числе линии вскипания теплоносителя, уставок технологических защит и т.п.;

— к каждой графической динамической характеристике прикладывать таблицу изменения соответствующих параметров во времени.

### *3.3.2. Анализ экспериментальных данных*

По результатам полученной измерительной информации:

строятся пьезометрические графики исходных гидравлических режимов и графики мгновенных давлений для каждой точки измерения соответственно возмущающему воздействию, наносимому во время эксперимента;

для каждой из контрольных точек СЦТ определяются максимальные (минимальные) значения абсолютного давления;

проводится сопоставление полученных экспериментальных данных с допустимыми по условиям прочности оборудования значениями давления; в качестве последних могут быть использованы значения испытательного давления; следует также определить возможность вскипания теплоносителя при переходном гидравлическом режиме;

определяются зоны действия недопустимых давлений в соответствии с [1] и [2].

## 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЙ

4.1. На основании полученных результатов анализа экспериментальных данных:

для I группы задач по пп. 2.3.1.1 и 2.3.1.2 настоящих Методических указаний определяются опасность переходного аварийного режима при рассматриваемых возмущающих воздействиях, зона действия недопустимых давлений, значения экстремальных давлений и время их возникновения; реко-

мендации по выбору системы защиты и определения технических характеристик защитных устройств приведены в [1] и [2];

для II группы задач по пп. 2.3.2.1 и 2.3.2.2 настоящих Методических указаний определяются параметры соответствующих переходных гидравлических режимов, выявляются реальные динамические характеристики СЦТ с целью последующего использования в расчетах переходных гидравлических режимов;

для задач I и II групп по пп. 2.3.1.3 и 2.3.2.3 настоящих Методических указаний на основании результатов испытаний составляется заключение о работоспособности и технической эффективности защитных устройств, при необходимости разрабатываются мероприятия по доведению характеристик устройств до соответствующих технологическому процессу значений.

Кроме того, на основании испытаний проводится:

взаимоувязка действия защит на локальном участке (объекте) СЦТ с режимами работы других элементов СЦТ;

уточнение уставок, постоянных времени защитных устройств, регуляторов рассечки и т.п. для локального объекта (участка тепловой сети, насосной станции) СЦТ.

4.2. По результатам испытаний составляется заключение, в котором указываются основные результаты испытаний, перечень мероприятий, направленных на решение поставленных перед испытаниями задач в соответствии с технической программой. К заключению по результатам испытаний прилагаются техническая и рабочая программы, результаты измерений параметров переходных гидравлических режимов, параметров исходных режимов перед каждым опытом, рапорты наблюдателей и другая техническая документация.

## Список использованной литературы


1. Разработка унифицированных технических решений по защите оборудования СЦТ от гидравлических ударов с установкой защитных устройств на источниках тепла и на насосных подстанциях магистральных тепловых сетей. Этап 1. Отчет:/ ВНИПИэнергопром и ОРГРЭС/. – М.: 1994.
2. Разработка унифицированных технических решений по защите оборудования СЦТ от гидравлических ударов с установкой защитных устройств на источниках тепла и на насосных подстанциях магистральных тепловых сетей. Этап 2. Отчет:/ ВНИПИэнергопром и ОРГРЭС/. – М.: 1994.
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: РД 34.20.501-95. – М.: СПО ОРГРЭС, 1996.
4. Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей: РД 34.03.201-97. – М.: НЦ ЭНАС, 1997.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды: Руководящий документ Госгортехнадзора России: РД-03-94. – М.: НПО ПБТ, 1994.
6. Методические указания по наладке и обслуживанию гидравлических регуляторов в системе теплоснабжения: РД 34.35.416-97. – М.: СПО ОРГРЭС, 1998.

7. Методические указания по проведению приемо-сдаточных испытаний гидравлической автоматической системы регулирования в системах теплоснабжения: РД 34.35.415-97.– М.: СПО ОРГРЭС, 1998.
8. Положение о порядке разработки, согласования и утверждения программ испытаний на тепловых, гидравлических и атомных электростанциях, в энергосистемах, тепловых и электрических сетях.– М.: СПО Союзтехэнерго, 1986.
9. МИ 2273-93. Рекомендации. ГСИ.– М.: 1993.
10. Правила устройства электроустановок.– М.: Главгосэнергонадзор России, 1998.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ..... 4
2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СЦТ, ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИСПЫТАНИЙ ..... 8
3. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИСПЫТАНИЙ СЦТ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ ..... 12
3.1. Подготовительный этап испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах ..... 13
3.1.1. Анализ системы теплоснабжения и постановка задачи испытаний ..... 13
3.1.2. Составление перечня возмущающих воздействий при проведении испытаний, определение допустимости создаваемых возмущений ..... 15
3.1.3. Конфигурация СЦТ, задействованной в период испытаний ..... 17
3.1.4. Температурный и гидравлический режимы СЦТ в период испытаний ..... 18
3.1.5. Технические требования к приборному обеспечению испытаний ..... 20
3.1.6. Требования к точности измерительных приборов ..... 22
3.1.7. Объем измерений ..... 23
3.1.8. Составление технической и рабочей программ испытаний ..... 25
3.1.9. Требования безопасности ..... 28
3.2. Экспериментальный (основной) этап испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах ..... 29
3.2.1. Внесение возмущений в испытательный гидравлический режим и регистрация динамических характеристик в намеченных контрольных точках СЦТ ..... 30
3.2.2. Обследование тепловой сети после завершения испытаний, выявление и устранение при необходимости повреждений СЦТ ... 32
3.2.3. Восстановление эксплуатационного гидравлического и температурного режимов СЦТ ..... 32
3.3. Аналитический (заключительный) этап испытаний СЦТ при нестационарных гидравлических режимах ..... 33
3.3.1. Расшифровка экспериментальных данных и их представление в удобной для анализа форме ..... 33
3.3.2. Анализ экспериментальных данных ..... 36
4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АНАЛИЗУ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ..... 36
Список использованной литературы ..... 38

gost.e-ecolog.ru