

**АКТУАЛИЗАЦИЯ НА 2019 ГОД
СХЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА НЕФТЕЮГАНСКА
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ
НА ПЕРИОД 2019-2033 ГОДЫ**

**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ
ГЛАВА 3. ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА НЕФТЕЮГАНСКА**

**г. Санкт-Петербург
2018 год**

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ	3
Общие положения	4
1. Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе поселения, городского округа и с полным топологическим описанием связности объектов	5
2. Паспортизация объектов системы теплоснабжения	9
3. Паспортизация и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное	12
4. Гидравлический расчет тепловых сетей любой степени закольцованности, в том числе гидравлический расчет при совместной работе нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть	13
5. Моделирование всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии.....	14
6. Расчет балансов тепловой энергии по источникам тепловой энергии и по территориальному признаку.....	14
7. Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя.....	16
8. Расчет показателей надежности теплоснабжения.....	16
9. Групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения.....	16
10. Сравнительные пьезометрические графики для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей	17

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

<i>Рисунок 1 –Визуальное отображение структуры тепловых сетей от Центральной котельной №1 и Центральной котельной №2.....</i>	<i>7</i>
<i>Рисунок 2 –Визуальное отображение структуры тепловых сетей от Котельной поселка СУ-62</i>	<i>8</i>
<i>Рисунок 3 –Фрагмент паспорта котельной ЦК-1.....</i>	<i>10</i>
<i>Рисунок 4 –Фрагмент паспорта участка тепловой сети.....</i>	<i>11</i>
<i>Рисунок 5 –Фрагмент паспорта потребителя системы отопления</i>	<i>11</i>
<i>Рисунок 6 –Паспорт потребителя системы ГВС.....</i>	<i>12</i>

Общие положения

Электронная модель системы теплоснабжения города Нефтеюганска на базе графико-информационного расчетного комплекса «ТеплоЭксперт» (далее по тексту электронная модель) разрабатывается в целях:

- повышения эффективности информационного обеспечения процессов принятия решений в области текущего функционирования и перспективного развития системы теплоснабжения города;
- проведения единой политики в организации текущей деятельности предприятий и в перспективном развитии всей системы теплоснабжения города;
- обеспечения устойчивого градостроительного развития;
- разработки мер для повышения надежности системы теплоснабжения города;
- минимизации вероятности возникновения аварийных ситуаций в системе теплоснабжения;
- создания единой информационной платформы для обеспечения мониторинга развития.

Разрабатываемая электронная модель предназначена для решения следующих задач:

- создание общегородской электронной схемы существующих и перспективных тепловых сетей, и объектов системы теплоснабжения города Нефтеюганска, привязанных к городской топооснове;
- сведение балансов тепловой энергии;
- оптимизация существующей системы теплоснабжения (оптимизация гидравлических режимов, определение оптимальных диаметров, проектируемых и реконструируемых тепловых сетей и теплосетевых объектов и т.д.);
- моделирование перспективных вариантов развития системы теплоснабжения (строительство новых и реконструкция существующих источников тепловой энергии, определение возможности подключения новых потребителей тепловой энергии, определение оптимальных вариантов качественного и надежного обеспечения тепловой энергией новых потребителей и т.д.);
- оперативное моделирование обеспечения тепловой энергией потребителей при аварийных ситуациях;

- мониторинг развития схемы теплоснабжения города Нефтеюганска;
- обеспечение ежегодной актуализации схемы теплоснабжения города Нефтеюганска в соответствии с ФЗ-190 «О теплоснабжении».

1. Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе поселения, городского округа и с полным топологическим описанием связности объектов

В ходе выполнения работ проводилось информационно-графическое описание существующих объектов системы теплоснабжения города Нефтеюганска.

В утвержденной схеме теплоснабжения реализована концепция организации единого общегородского информационного пространства по работе с ГИРК «ТеплоЭксперт». Сервер Электронной модели организован следующим образом - СУБД, Сервер приложений и приложение клиента расположены на одной рабочей станции, а к ней подключаются приложения клиентов с других рабочих станций для работы в рамках одного отдела теплоснабжающей организации.

В электронной модели тепловая сеть состоит из следующих объектов: потребители, участки, источники, тепловые камеры, узлы, регуляторы, задвижки, перемычки, магистральные шайбы.

Различаются следующие технологические типы источников:

- котельная;
- ЦТП;
- ПНС.

Всем потребителям, источникам, тепловым камерам, узлам, регуляторам, задвижкам, перемычкам и магистральным шайбам присваиваются уникальные имена (коды) в процессе ввода.

Участки являются графическим изображением трубопроводов и представляют собой многозвенные ломаные линии, соединяющие остальные объекты.

Параллельно данному этапу проводился этап информационного описания объектов системы теплоснабжения (паспортизация).

Основой семантических данных об объектах системы теплоснабжения является информация теплоснабжающей организации по нагрузкам потребителей, а также по участкам

тепловых сетей, источникам, потребителям и т.д.

В существующей базе данных электронной модели описываются следующие паспортные характеристики по приведенным ниже типам объектов системы теплоснабжения. Состав информации по каждому типу объектов носит как справочный характер (например, материал камеры, балансовая принадлежность и т.д), так и необходим для функционирования расчетной модели. Полнота заполнения базы данных по параметрам зависит от наличия исходных данных у теплоснабжающих компаний.

Таким образом в электронной модели Утвержденной схемы теплоснабжения города Нефтеюганска от котельных, находящихся в эксплуатации ОАО «Югансктранстеплосервис» и ООО «РН-Юганскнефтегаз», в средствах ГИРК «ТеплоЭксперт»:

- выполнена графическая привязка объектов систем теплоснабжения к плану города, включая источники тепловой энергии, тепловые сети, тепловые камеры, потребителей;
- проведена паспортизация энергоисточников, участков тепловых сетей и потребителей по основным параметрам, необходимым для моделирования гидравлических режимов работы систем теплоснабжения.

Также выполнена проверка электронных моделей системы теплоснабжения на предмет полноты и корректности занесенной информации по объектам системы теплоснабжения в ГИРК «ТеплоЭксперт» для решения задач моделирования гидравлических режимов.

Инструментарием для анализа и выявления ошибок во введенных исходных данных являлись сгенерированные отчеты (неуточненные данные), запросы об объектах из созданной базы данных (выборка объектов) и гидравлические расчеты теплосетевых контуров:

В результате работы созданы электронные модели систем теплоснабжения 4-х котельных, находящихся в эксплуатации ОАО «Югансктранстеплосервис» (Центральная котельная №1, Центральная котельная №2, Котельная поселка Су-62, Котельная поселка Звездный).

В актуализированной версии Схемы теплоснабжения обновлена информация по характеристикам и режимам работы тепловых сетей и источников теплоснабжения, а именно:

- учтено переключение котельной п. Звездный на котельную ЦК-2 (котельная п. Звездный выведена в резерв);
- актуализирована информация по вновь построенным реконструированным и выведенным из эксплуатации тепловым сетям за период с момента утверждения Схемы теплоснабжения до начала её актуализации;
- актуализирована информация по подключенным потребителям тепловой энергии за период с

момента утверждения Схемы теплоснабжения до начала её актуализации;

Визуальное отображение структуры тепловых сетей от котельных находящихся в эксплуатации ОАО «Югансктранстеплосервис», представлено на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 –Визуальное отображение структуры тепловых сетей от Центральной котельной №1 и Центральной котельной №2

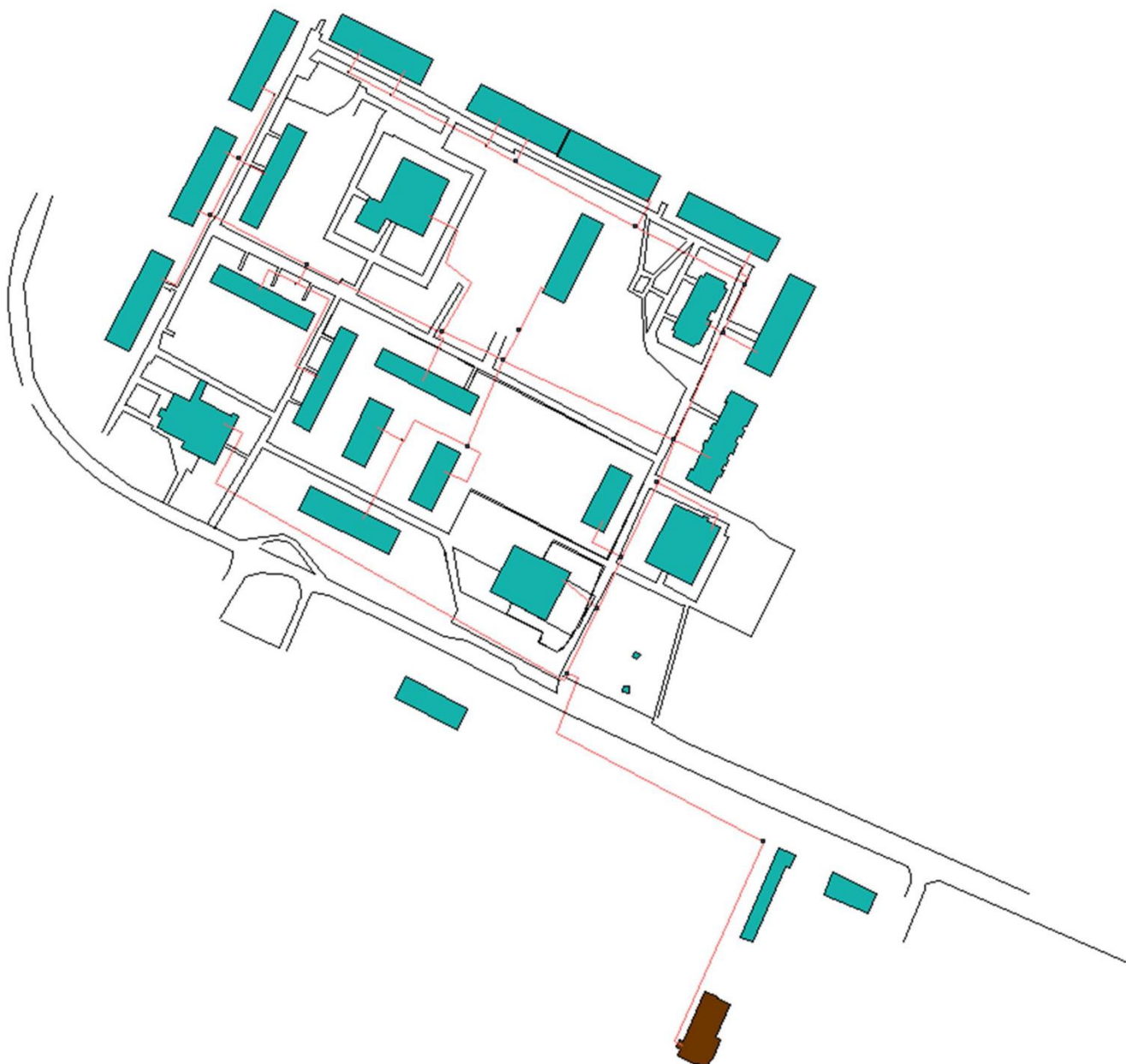


Рисунок 2 –Визуальное отображение структуры тепловых сетей от Котельной поселка СУ-62

Характеристики участков трубопроводов от энергоисточников города Нефтеюганска и присоединенные к ним тепловые нагрузки абонентов представлены в документе «Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения города Нефтеюганска на период 2018 - 2033 годов. Книга 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения. Приложение 1».

2. Паспортизация объектов системы теплоснабжения

Паспортизация объектов системы теплоснабжения осуществлялась на основе предоставленных исходных и расчетных данных.

Паспортизация необходима для диспетчеризации объектов теплоснабжения и ее структурирования в общей цепочке, а именно:

1. Для источников тепловой энергии:
 - Наименование источника;
 - расчетная температура в подающем трубопроводе, °C;
 - расчетная температура холодной воды, °C
 - расчетная температура наружного воздуха, °C
 - расчетный располагаемый напор на выходе из источника, м
 - расчетный напор в обратном трубопроводе на источнике, м
 - режим работы источника
 - максимальный расход на подпитку, т/ч.
2. Для участков тепловой сети:
 - внутренний диаметр подающего и обратного трубопроводов, м;
 - шероховатость подающего и обратного трубопроводов, мм;
 - коэффициент местного сопротивления, подающего и обратного трубопроводов.
3. Для насосной станции:
 - напор насоса на подающем и обратном трубопроводах, м
 - марка насоса на подающем и обратном трубопроводах.
4. Для потребителей тепловой энергии:
 - высота здания потребителя, м;
 - номер схемы подключения потребителя;
 - расчетная температура сетевой воды на входе к потребителю, °C.

Данные по системе отопления потребителей, а, именно: расчетная нагрузка на отопление, коэффициент изменения нагрузки отопления, расчетная температура воды на входе в СО, расчетная температура воды на выходе из СО, расчетная температура внутреннего воздуха для СО, наличие регулятора на отопление, расчетный располагаемый напор в СО, количество секций ТО на СО (для независимых схем подключения), потери напора в 1-й секции ТО на СО (для независимых схем подключения), количество параллельных групп ТО на СО, расчетная температура сетевой воды на выходе из ТО, расчетная температура сетевой воды на выходе из потребителя, коэффициент пропускной

способности регулятора СО; номер установленного элеватора, диаметр установленного сопла элеватора, диаметр установленной шайбы на подающем трубопроводе перед СО, количество установленных шайб на подающем трубопроводе перед СО, диаметр установленной шайбы на обратном трубопроводе после СО, количество установленных шайб на обратном трубопроводе после СО.

Данные по системе вентиляции потребителей (расчетная нагрузка на вентиляцию, коэффициент изменения нагрузки вентиляции, расчетная температуры наружного воздуха для СВ, расчетная температура внутреннего воздуха для СВ, расчетный располагаемый напор в СВ, наличие регулирующего клапана на СВ; диаметр установленной шайбы на систему вентиляции, количество установленных шайб на систему вентиляции.

На рисунках 3 – 6 приведены паспорта объектов системы теплоснабжения:

Котельная

Параметры | Доп. информация | Насосная группа | Котлы и хозяйство | Изображения

Наименование: ЦК1-2очередь | Геодезия, м: 41,58

Адрес: Не указан

☒ Напор в подающей, м: 80
☒ Напор в обратной, м: 30

☐ Фиксированный расход, т/ч: 2500
 Максимальный расход, т/ч: 0

☐ Фиксированная подпитка, т/ч: 0
 Максимальная подпитка, т/ч: 0

Вydано техн. условий, ГКал/ч:
 Потери в тепловых сетях, ГКал/ч:
 Собственные нужды, ГКал/ч:
 Резерв тепловой мощности, ГКал/ч:

В расчете: **участвует**
 Сопр. котел. оборудования, м/(т/ч)²: 5,24605E-6
 Расчетный расход в сети, т/ч:
 летний: зимний:

Температурный график: 115-65

Тепловая мощность установленного оборудования, ГКал/ч:
 Тепловая мощность присоединенных потребителей, ГКал/ч:
 Количество подключенных жилых домов, шт.:
 Число жителей пользующихся ГВС:

Протяженность тепловых сетей в двухтрубном исчислении, м:
 Всего: Магистр.: Внутрив. отоп.: ГВС:

Отмена | Схема | Печать | Готово

Рисунок 3 –Фрагмент паспорта котельной ЦК-1

Участок

Параметры Изображения

Начальный узел: МК1-5Мир Конечный узел: УМ1-6Мир

Параметры Регулятор Уточнения Теплов

Тип (материал): 5 Ст.тр в ППУ в ПЗ обол. (ГОС)

	Дiam., мм	Длина, м	Шерох., мм	СКМС	Доля потерь	Состояние
Под.	704 x 8	85,8	0,5	0	0	откр
Обр.	704 x 8	85,8	0,5	0	0	откр

Улица

Принадлежность

Дата ввода

Ответственный

Дата посл. ремонта

Режим работы участка

Дренаж

Способ прокладки	Тип изоляции	Норм. т/потери в под. Мкал/ч	Норм. т/потери в обр. Мкал/ч	Козф. норм. т/потерь под.	Козф. норм. т/потерь обр.	Норм. т/потери в под. с учетом коэф. Мкал/ч	Норм. т/потери в обр. с учетом коэф. Мкал/ч	Суммар. норм. т/потери с учетом коэф. Мкал/ч	Расчет. т/потери в под. Мкал/ч
Бесканал.	ППУ	0,00	0,00	1	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Добавить Редактировать Удалить

Дополнительная информация

Отмена Аварии Печать Готово

Рисунок 4 –Фрагмент паспорта участка тепловой сети

Независимая система отопления

Нагрузка, ГКал/ч: 0,2782 Нагр. дог., ГКал/ч: 0

Требуемая температура внутр. воздуха, °C: 18

Температурный режим 2-го контура

Расч. температуры, °C: под. 95 обр. 65

Кол-во шайб: 0 Diam. шайб, мм: 0

Теплообменные приборы: Радиаторы стальные листотрубные и конвекторы

Место установки расширительного бака: Не определено

Подводящий участок

Тип (материал): 1 Сталь (Трубы традицион.)

	Дiam., мм	В с	Длина, м	Шерох., мм	СКМС	Доля потерь	Состояние задвижек
Под.	82 x 3,5		1	1	0	0	откр
Обр.	82 x 3,5		1	1	0	0	откр

Регулятор

Внутреннее сопротивление, м: 1

Отмена Готово

Рисунок 5 –Фрагмент паспорта потребителя системы отопления

ГВС 2-ступ. смешанная

Расчетная тепловая нагрузка, ГКал/ч

Совмещенная расчетная тепловая нагрузка, ГКал/ч

Расчетная температура гор. воды, °C

Внутреннее сопротивление, м

Кол-во шайб Диаметр шайб, мм

Подводящий участок

Тип (материал):

	Диам., мм	В, с	Длина, м	Шерох., мм	СКМС	Доля потерь	Сост. задвижек
Под.	82 x 3		1	1	0	0	откр
Обр.	82 x 3		1	1	0	0	откр

☐ Регулятор

Рисунок 6 –Паспорт потребителя системы ГВС

3. Паспортизация и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное

Разбивка объектов по территориальному делению в ГИРК «ТеплоЭксперт» происходит на основе данных утвержденного генерального плана и карте территориального планирования. По материалам этих данных, в электронной модели объекты теплоснабжения можно разделить на зоны действия административного или территориального деления, в рамках существующего положения и перспективного развития города, поселения и т.д.

Перед загрузкой слоя в карту семейство файлов слоя уже должно существовать на диске, т.е. слои должны быть предварительно созданы.

В карту можно добавить:

1. Векторный слой, растровый объект, группу растровых объектов.
2. Слои с серверов, поддерживающих спецификацию WMS (WebMapService).
3. Растровый файл (формат *.bmp; *.pcx; *.tif; *.gif; *.jpg);
4. Растровые объекты программ OziExplorer и MapInfo.

Режим получения информации используется для просмотра семантической информации по объектам слоя. С помощью запросов можно:

- произвести выборку данных из базы в соответствии с заданными условиями;
- занести одинаковые данные одновременно для группы объектов;

– производить копирование данных из одного поля в другое для группы объектов.

Также выборка данных в ГИРК «ТеплоЭксперт» возможна по условию:

- квартал;
- улица;
- номер дома;
- корпус;
- символ дома;
- адрес;
- код улицы;
- принадлежность;
- код ЖЭУ;
- обслуживающая организация;
- количество этажей;
- коды узлов подключения потребителей.

Паспортизация и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное приведена в документе «Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения города Нефтеюганска на период 2018 - 2033 годов. Книга 2. Перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения».

4. Гидравлический расчет тепловых сетей любой степени закольцованности, в том числе гидравлический расчет при совместной работе нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть

Гидравлический расчет предусматривает выполнение расчета системы централизованного теплоснабжения с потребителями, подключенными к тепловой сети по различным схемам.

Целью расчета является определение фактических расходов теплоносителя на участках тепловой сети и у потребителей, а также количестве тепловой энергии получаемой потребителем при заданной температуре воды в подающем трубопроводе и располагаемом напоре на источнике.

Созданная математическая имитационная модель системы теплоснабжения, служащая для решения поверочной задачи, позволяет анализировать гидравлический и тепловой режим работы, а также прогнозировать изменение температуры внутреннего воздуха у потребителей. Расчеты проводились при различных исходных данных, в том

числе аварийных ситуациях, например, отключении отдельных участков тепловой сети, передачи воды и тепловой энергии от одного источника к другому по одному из трубопроводов и т.д. В качестве теплоносителя используется вода.

Гидравлический расчёт тепловых сетей проводится с учётом:

- утечек из тепловой сети и систем теплоснабжения;
- фактически установленного оборудования на абонентских вводах и тепловых сетях.

Гидравлический расчет позволяет рассчитать любую аварию на трубопроводах тепловой сети и источнике теплоснабжения. В результате расчета определяются расходы и потери напора в трубопроводах, напоры в узлах сети, в том числе располагаемые напоры у потребителей, расходы и температуры воды на входе и выходе в каждую систему теплоснабжения. При работе нескольких источников на одну сеть определено распределение воды и тепловой энергии между источниками. Рассчитывается баланс по воде и отпущенной тепловой энергией между источником и потребителями.

5. Моделирование всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии

Все виды переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключения тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии смоделированы в Графико – информационном расчетном комплексе «ТеплоЭксперт» (ГИРК «ТеплоЭксперт»).

6. Расчет балансов тепловой энергии по источникам тепловой энергии и по территориальному признаку

Целью расчета балансов тепловой энергии является определение фактических расходов теплоносителя на участках тепловой сети и у потребителей, а также количества тепловой энергии получаемой потребителем при заданной температуре воды в подающем трубопроводе и располагаемом напоре на источнике.

Расчеты могут проводиться при различных исходных данных, в том числе при аварийных ситуациях, например, отключении отдельных участков тепловой сети, передачи воды и тепловой энергии от одного источника к другому по одному из трубопроводов и т.д.

Расчёт тепловых сетей можно проводить с учётом:

- утечек из тепловой сети и систем теплоснабжения;
- тепловых потерь в трубопроводах тепловой сети;
- фактически установленного оборудования на абонентских вводах и тепловых сетях.

В результате расчета можно получить следующую информацию:

Q_{o_t} , Текущая нагрузка на отопление, Гкал/ч - в результате расчета определяется текущая нагрузка на отопление, как сумма всех текущих нагрузок на отопление подключенных к данному источнику;

Q_{sv_t} , Текущая нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч - В результате расчета определяется текущая нагрузка на вентиляцию, как сумма всех текущих нагрузок на вентиляцию подключенных к данному источнику;

Q_{gv_t} , Текущая нагрузка на ГВС, Гкал/ч - в результате расчета определяется текущая нагрузка на горячее водоснабжение, как сумма всех текущих нагрузок на системы горячего водоснабжения подключенных к данному источнику;

Q_{sum} , Суммарная тепловая нагрузка, Гкал/ч - в результате расчета определяется суммарная тепловая нагрузка;

T_{2_t} , Текущая температура воды в обратном трубопроводе, °С - в результате расчета определяется;

G_{so} , Расход сетевой воды на СО, т/ч - в результате расчета определяется расход сетевой воды на систему отопления;

G_{sv} , Расход сетевой воды на СВ, т/ч - в результате расчета определяется расход сетевой воды на систему вентиляции;

G_{gv} , Расход сетевой воды на ГВС, т/ч - в результате расчета определяется расход сетевой воды на систему горячего водоснабжения;

G_{ut_pot} , Расход воды на утечку из системы теплоснабжения, т/ч - в результате расчета определяется расход воды на утечки из систем теплоснабжения;

G_{podfit} , Расход воды на подпитку, т/ч - в результате расчета определяется расход воды на подпитку;

G_{ut_pod} , Расход сетевой воды на утечку из подающий трубопровод, т/ч - в результате расчета определяется расход сетевой воды на утечки из подающих трубопроводов;

G_{ut_obr} , Расход сетевой воды на утечку из обратного трубопровода, т/ч - в результате расчета определяется расход сетевой воды на утечки из обратных трубопроводов;

Q_{pot_ts} , Тепловые потери в тепловых сетях, Гкал/ч - в результате расчета определяется величина тепловых потерь в тепловых сетях.

7. Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя

Целью расчета является определение фактических тепловых потерь через изоляцию трубопроводов. Тепловые потери определяются суммарно за год с разбивкой по месяцам.

Определение нормируемых эксплуатационных часовых тепловых потерь производится на основании данных о конструктивных характеристиках всех участков тепловой сети (типе прокладки, виде тепловой изоляции, диаметре и длине трубопроводов и т.п.) при среднегодовых условиях работы тепловой сети исходя из норм тепловых потерь. Нормы тепловых потерь через изоляцию трубопроводов рассчитаны в ГИРК «ТеплоЭксперт» на основании приказа Минэнерго от 30.12.2008 № 325 (ред. от 01.02.2010).

8. Расчет показателей надежности теплоснабжения

Подсистема рассчитывает количественные показатели надежности теплоснабжения (вероятность безотказной работы) потребителей тепла от любого источника тепловой компоненты, с учетом:

- сроков службы трубопроводов тепловой сети;
- климатических характеристик;
- аккумулирующей способности зданий;
- допустимого снижения температуры в помещениях;
- среднего времени ликвидации повреждений на тепловых сетях.

Таким образом, подсистема позволяет определить так называемый "радиус качественного теплоснабжения" для каждого источника тепла, характеризуемый минимально допустимой вероятностью безотказного снабжения потребителей тепловой энергией. Это, в свою очередь, дает возможность определить "слабые" места в тепловой сети и спланировать мероприятия по повышению надежности работы системы теплоснабжения в целом.

9. Групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения

Групповые изменения характеристик объектов применимы для различных целей и задач гидравлического моделирования, однако его основное предназначение - калибровка

расчетной гидравлической модели тепловой сети. Трубопроводы реальной тепловой сети всегда имеют физические характеристики, отличающиеся от проектных, в силу происходящих во времени изменений - коррозии и выпадения отложений, отражающихся на изменении эквивалентной шероховатости и уменьшении внутреннего диаметра вследствие зарастания. Очевидно, что эти изменения влияют на гидравлические сопротивления участков трубопроводов, и в масштабах сети в целом это приводит к весьма значительным расхождением результатам гидравлического расчета по «проектным» значениям с реальным гидравлическим режимом, наблюдаемым в эксплуатируемой тепловой сети. С другой стороны, измерить действительные значения шероховатостей и внутренних диаметров участков действующей тепловой сети не представляется возможным, поскольку это потребовало бы массового вскрытия трубопроводов, что вряд ли реализуемо.

10. Сравнительные пьезометрические графики для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей

Сравнительные пьезометрические графики одновременно отображают графики давлений тепловой сети, рассчитанные в двух различных базах: контрольной, показывающей существующий гидравлический режим и модельной, показывающей перспективный гидравлический режим. Данный инструментарий реализован в модели тепловых сетей является удобным средством анализа.