

**ОБОСНОВЫВАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ
К СХЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОРОД ВЛАДИМИР» ДО 2037 ГОДА**

ГЛАВА 3

**ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОРОД ВЛАДИМИР»**

СОСТАВ РАБОТ

Схема теплоснабжения муниципального образования «город Владимир». Утверждаемая часть

Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения муниципального образования «город Владимир»:

Глава 1 Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения

Глава 2 Существующее и перспективное потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения

Глава 3 Электронная модель системы теплоснабжения муниципального образования «город Владимир»

Глава 4 Существующие и перспективные балансы тепловой мощности источников тепловой энергии и тепловой нагрузки потребителей

Глава 5 Мастер-план развития систем теплоснабжения муниципального образования «город Владимир»

Глава 6 Существующие и перспективные балансы производительности водоподготовительных установок и максимального потребления теплоносителя теплопотребляющими установками потребителей, в том числе в аварийных режимах

Глава 7 Предложения по строительству, реконструкции и техническому перевооружению и (или) модернизации источников тепловой энергии

Глава 8 Предложения по строительству, реконструкции и (или) модернизации тепловых сетей

Глава 9 Предложения по переводу открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) в закрытые системы горячего водоснабжения

Глава 10 Перспективные топливные балансы

Глава 11 Оценка надежности теплоснабжения

Глава 12 Обоснование инвестиций в строительство, реконструкцию, техническое перевооружение и (или) модернизацию

Глава 13 Индикаторы развития систем теплоснабжения муниципального образования «город Владимир»

Глава 14 Ценовые (тарифные) последствия

Глава 15 Реестр единых теплоснабжающих организаций

Глава 16 Реестр мероприятий схемы теплоснабжения

Глава 17 Замечания и предложения к проекту схемы теплоснабжения

Глава 18 Сводный том изменений, выполненных в доработанной и (или) актуализированной схеме теплоснабжения

Глава 19 Оценка экологической безопасности теплоснабжения

СОДЕРЖАНИЕ

СОСТАВ РАБОТ	2
СОДЕРЖАНИЕ	3
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	6
Часть 1 Графическое представление объектов системы теплоснабжения с привязкой к топографической основе поселения, городского округа, города федерального значения и с полным топологическим описанием связности объектов	10
Часть 2 Паспортизация объектов системы теплоснабжения	12
Часть 3 Паспортизация и описание расчетных единиц территориального деления, включая административное	16
3.1 Административное деление.....	16
Часть 4 Гидравлический расчет тепловых сетей любой степени закольцованности, в том числе гидравлический расчет при совместной работе нескольких источников тепловой энергии на единую тепловую сеть	18
4.1 Наладочный расчет тепловой сети	19
4.2 Поверочный расчет тепловой сети. Калибровка электронной модели.	19
Часть 5 Моделирование всех видов переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в том числе переключений тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии	20
Часть 6 Расчет балансов тепловой энергии по источникам тепловой энергии и по территориальному признаку	20
Часть 7 Расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя	21
Часть 8 Расчет показателей надежности теплоснабжения	22
Часть 9 Групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения	22
Часть 10 Сравнительные пьезометрические графики для разработки и анализа сценариев перспективного развития тепловых сетей	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	34
Приложение 1. Данные по калибровке электронной модели	35

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АО – акционерное общество.
БРОУ – быстродействующая редуционно-охладительная установка.
ВВП – водо-водяной подогреватель.
ГВС – горячее водоснабжение.
ГРП – газораспределительный пункт.
ДРГ – дымосос рециркуляции дымовых газов.
ЖД – индивидуальный жилой дом.
ИБК – инженерно-бытовой корпус.
ИТП – индивидуальный тепловой пункт.
КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика.
КПД – коэффициент полезного действия.
КТЦ – котлотурбинный цех.
ЛПУМГ – линейное производственное управление магистральных газопроводов.
МБУ – муниципальное бюджетное учреждение.
МКД – многоквартирный жилой дом.
МО г. Владимир – муниципальное образование «город Владимир».
н/д – нет данных.
НПО – научно-производственное объединение.
НС – насосная станция.
О – отопление.
ОАО – открытое акционерное общество.
ОБ – основной бойлер.
ОВ – отопление и вентиляция.
ОГКП – областное государственное казенное предприятие.
ОЗ – общественные здания.
ООО – общество с ограниченной ответственностью.
ПАО «Т Плюс» – Публичное акционерное общество «Т Плюс»
ПБ – пиковый бойлер.
ПЗ – производственные здания.
ППУ – пенополиуретан.
ПСГ – подогреватель сетевой горизонтальный.
РВД – ротор высокого давления.
РТС – районная тепловая станция.
СВ – система вентиляции.
С.Н. – собственные нужды
СО – система отопления.
ТГ – турбогенератор.
ТО – теплоснабжающая организация.
ТП – тепловой пункт.
ТКЗ – Таганрогский котлостроительный завод.
ТС – тепловые сети.

ТУ – технические условия.

ТЭР – топливно-энергетические ресурсы.

ТЭЦ-2 – Владимирская ТЭЦ-2 филиала «Владимирский» ПАО «Т Плюс»

ХВО – химическая водоочистка.

ФНПЦ – федеральный научно-производственный центр.

ХВП – химическая водоподготовка.

ХОВ – химически очищенная вода.

ЦВД – цилиндр высокого давления.

ЦТП – центральный тепловой пункт.

G1/ G2 – Расход теплоносителя в подающем / обратном трубопроводах, ($\text{м}^3/\text{ч}/\text{м}^3/\text{ч}$)

P1/P2 – Давление в подающем/обратном трубопроводах, (м вод. ст. / м вод. ст.)

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Электронная модель системы теплоснабжения МО г. Владимир на базе информационно-графической системы «Zulu» (далее по тексту - электронная модель) разрабатывалась 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 города;
- разработка мер для повышения надежности системы теплоснабжения города;
- минимизации вероятности возникновения аварийных ситуаций в системе теплоснабжения;
- создания единой информационной платформы для обеспечения мониторинга развития.

Разработанная электронная модель предназначена для решения следующих задач:

- создания общегородской электронной схемы существующих и перспективных тепловых сетей, и объектов системы теплоснабжения города Владимира, привязанных к топооснове города;
- сведения балансов тепловой энергии;
- оптимизации существующей системы теплоснабжения (оптимизация гидравлических режимов, моделирование перераспределения тепловых нагрузок между источниками, определение оптимальных диаметров, проектируемых и реконструируемых тепловых сетей и теплосетевых объектов и т.д.);
- оперативного моделирования обеспечения тепловой энергией потребителей при аварийных ситуациях;
- мониторинг развития схемы теплоснабжения города Владимира;
- моделирование и анализ вариантов развития системы теплоснабжения (подключение новых потребителей к существующим системам теплоснабжения, строительство новых источников теплоснабжения и моделирование зон их действия и пр.);
- формирование программ мероприятий для реализации разработанных вариантов развития (программ нового строительства и реконструкции теплосетевого хозяйства) или анализ программ, представленных теплоснабжающими организациями;
- анализ спорных вопросов по снятию «обременений» при выдаче ТУ на подключение теплоснабжающими организациями (например, анализ целесообразности реконструкции с увеличением диаметра или нового строительства трубопроводов тепловых сетей).

В дальнейшем возможно на единой платформе организовать АРМ основных служб, таких как: ПТО, службы режимов, службы наладки, службы перспективного развития, диспетчерских служб, служб эксплуатации и ремонта тепловых сетей и т.д.

В качестве примера, ниже приведены возможные варианты использования электронной модели системы теплоснабжения в теплоснабжающей организации.

ПТО:

- графическое представление схемы тепловой сети с привязкой к единой городской топооснове;

- паспортизация тепловой сети и оборудования, создание и отображение схем узлов и участков;
- расчет нормативных потерь тепла через изоляцию согласно действующим нормативным документам;
- формирование обобщенной справочной информации по заданным критериям, специальных отчетов о параметрах и режимах тепловой сети;
- анализ объектов с заданными свойствами (ремонт, чужой баланс, камеры с заданным оборудованием и т.п.).

Служба режимов и наладки:

- разработка гидравлических режимов тепловых сетей
- формирование отчетов по наладочным расчетам потребителей (расчет диаметров сужающих устройств);
- наладочный расчет при подключении новых потребителей (расчет диаметров сужающих устройств);
- моделирование переключений запорной арматуры при формировании графика ремонтов.

Отдел эксплуатации и ремонта:

- ведение архива дефектов и повреждений;
- формирование отчетов, табличных и графических справок и выборок по различным критериям;
- формирование отчетов по гидравлическим расчетам тепловой сети, моделирование переключений запорной арматуры при формировании графика ремонтов.

Отдел перспективного развития:

- определение существующих и перспективных балансов производства и потребления тепловой энергии по источникам;
- определение оптимальных вариантов перспективного развития системы теплоснабжения по критериям надежности, качества и экономичности;
- определение надежности существующей и перспективной схемы тепловых сетей;
- разработка оптимальных вариантов обеспечения тепловой энергией потребителей при аварийных ситуациях по критериям надежности, качества и экономичности;
- определение необходимости и возможности строительства новых источников тепловой энергии;
- моделирование переключений, осуществляемых в тепловых сетях, в т.ч. переключения тепловых нагрузок между источниками тепловой энергии;
- мониторинг реализации программы развития теплоснабжения.

Отдел подготовки и реализации ТУ:

- создание и ведение слоя перспективной застройки;
- формирование и ведение базы данных по выдаче ТУ и УП;
- определение точки подключения потребителя;
- оценка возможности выдачи ТУ (формирование отчета о наличии свободной мощности на ближайших источниках и пропускной способности тепловых сетей);
- формирование технических условий на подключение новых потребителей.

При разработке Схемы теплоснабжения электронная модель являлась основным инструментом для моделирования развития теплосетевых объектов.

Для разработки вариантов развития системы теплоснабжения посредством ГИС-программ было осуществлено совмещение сетки «пятен» перспективной застройки и зон действия (тепловых сетей) энергоисточников, полученных на этапе формирования существующего состояния системы теплоснабжения в электронной модели. Таким образом, возникающие приросты тепловой нагрузки были локализованы и привязаны к конкретному энергоисточнику и (по возможности) к ближайшей тепловой камере на сетях теплоисточника.

После проведения серий предварительных гидравлических расчетов были определены требуемые диаметры и предварительные трассировки трубопроводов тепловых сетей, а также предварительные мероприятия по строительству теплосетевых объектов и развитию систем теплоснабжения.

Необходимыми условиями для реализации внедрения и дальнейшей эксплуатации электронной модели системы теплоснабжения города Владимира являются:

- определение организации или подразделения Администрации города, ответственных за функционирование электронной модели и актуализацию её состояния;
- назначение администратора внедряемой системы;
- определение основных пользователей электронной модели;
- организация АРМ пользователей;
- организация сервера для установки ЭМ;
- организация сети передачи данных между пользователями системы и сервером.

В функционировании системы должны участвовать следующие группы персонала:

- эксплуатационный персонал - администратор системы, специалист, обеспечивающий функционирование технических и программных средств, обслуживание и обеспечение рабочих мест пользователей, в обязанности которого также должно входить выполнение специальных технологических функций, таких как: ведение списков пользователей, регулирование прав доступа пользователей к документам и операциям над ними, а также контроль за целостностью и сохранностью информации в базах данных;
- пользователи - сотрудники, непосредственно участвующие в работе с информацией и осуществляющие её обработку на автоматизированных рабочих местах с помощью средств системы.

В качестве рекомендации по выбору основных пользователей системы предлагается в структуре Администрации города или выбранной Администрацией организации определить основных пользователей электронной модели. Как правило, это сотрудники специализированных подразделений департамента ЖКХ, координирующие планирование развития инженерной инфраструктуры города. Однако ввиду того, что данные по объектам систем теплоснабжения постоянно меняются, также необходимо организовать процесс актуализации данных в модели. В связи с этим целесообразно на базе разработанной электронной модели организовать мониторинг развития схем теплоснабжения в эксплуатирующих теплосетевых компаниях (на данном этапе развития системы теплоснабжения – филиала «Владимирский» ПАО «Т Плюс»).

Параллельно процессу внедрения электронной модели в подразделения Администрации города целесообразно организовать процесс актуализации данных в теплосетевой компании. В противном случае, в течение года данные «устареют», и принимать на их основе стратегические решения по развитию систем теплоснабжения станет невозможным.

В перспективе можно рассматривать возможность организации на базе разработанной электронной модели системы теплоснабжения города Владимира максимально наполненной модели систем коммунальной инфраструктуры (при разработке электронных моделей систем водоснабжения и газоснабжения на базе пакетов «ZuluHydro» («ЗулуГидро») и «ZuluGaz» («ЗулуГаз») соответственно). Возможность использования для нанесения инженерных сетей различных систем коммунальной инфраструктуры общей топоосновы и единого рабочего пространства предусмотрена в пакете «Zulu» и предоставляет значительные дополнительные преимущества. В частности, возможность оценить взаимное расположение трубопроводов инженерных сетей различной принадлежности может существенно упростить выполнение задач и сократить время на разработку мероприятий по реконструкции (выносу) сетей при осуществлении проектов по развитию какой-либо из систем коммунальной инфраструктуры.










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

В качестве исходного материала для позиционирования объектов системы теплоснабжения (источники тепловой энергии, тепловые сети, потребители) на топооснове города были использованы схемы тепловых сетей систем теплоснабжения и карта геоинформационной системы «2ГиС».

Электронная модель выполнена с привязкой к глобальной системе координат и учетом масштабов изображения на мировой карте (учтены геометрические размеры, пропорции и расстояния), что позволяет ориентироваться на местности при подключении новых потребителей; выполнять визуальную оценку реальных масштабов сетей и расположения таких объектов как дороги, дома и т.п.; принимать длины участков тепловой сети в соответствии с их изображением на карте.

В электронной модели тепловая сеть состоит из узлов и ветвей, связывающих эти узлы. К узлам относятся следующие объекты: источники, насосные станции, тепловые камеры, задвижки, потребители и т.д. Ряд элементов, такие как тепловые камеры, потребители и т.д., допускают дальнейшую классификацию.

Различаются следующие основные технологические типы узлов:

-  – Потребитель, присоединенный к источнику тепловой энергии
-  – Потребитель, присоединенный к ЦТП по ГВС
-  – Источник тепловой энергии
-  – Тепловая камера
-  – ЦТП
-  – Разветвление
-  – Участок магистральной сети от источника тепловой энергии
-  – Участок районной тепловой сети
-  – Участок тепловой сети от ЦТП по ГВС

Всем узлам присваиваются уникальные имена.

Ветви являются графическим изображением трубопроводов и представляют собой многозвенные ломаные линии, соединяющие узлы.

Таким образом, в результате выполнения данного этапа работ была создана топооснова города, выполнена привязка всех объектов системы теплоснабжения к топооснове,

На данном этапе была описана топологическая связность объектов системы теплоснабжения (источники тепловой энергии, тепловые камеры, участки тепловых сетей, ЦТП, ИТП, потребители). Описание топологической связности представляет собой описание гидравлической структуры узлов системы. В результате выполнения данного этапа работ была создана гидравлическая модель системы теплоснабжения, отражающая существующее положение системы теплоснабжения города.

Общий вид разработанной электронной модели системы теплоснабжения города Владимира представлен на рисунке ниже.

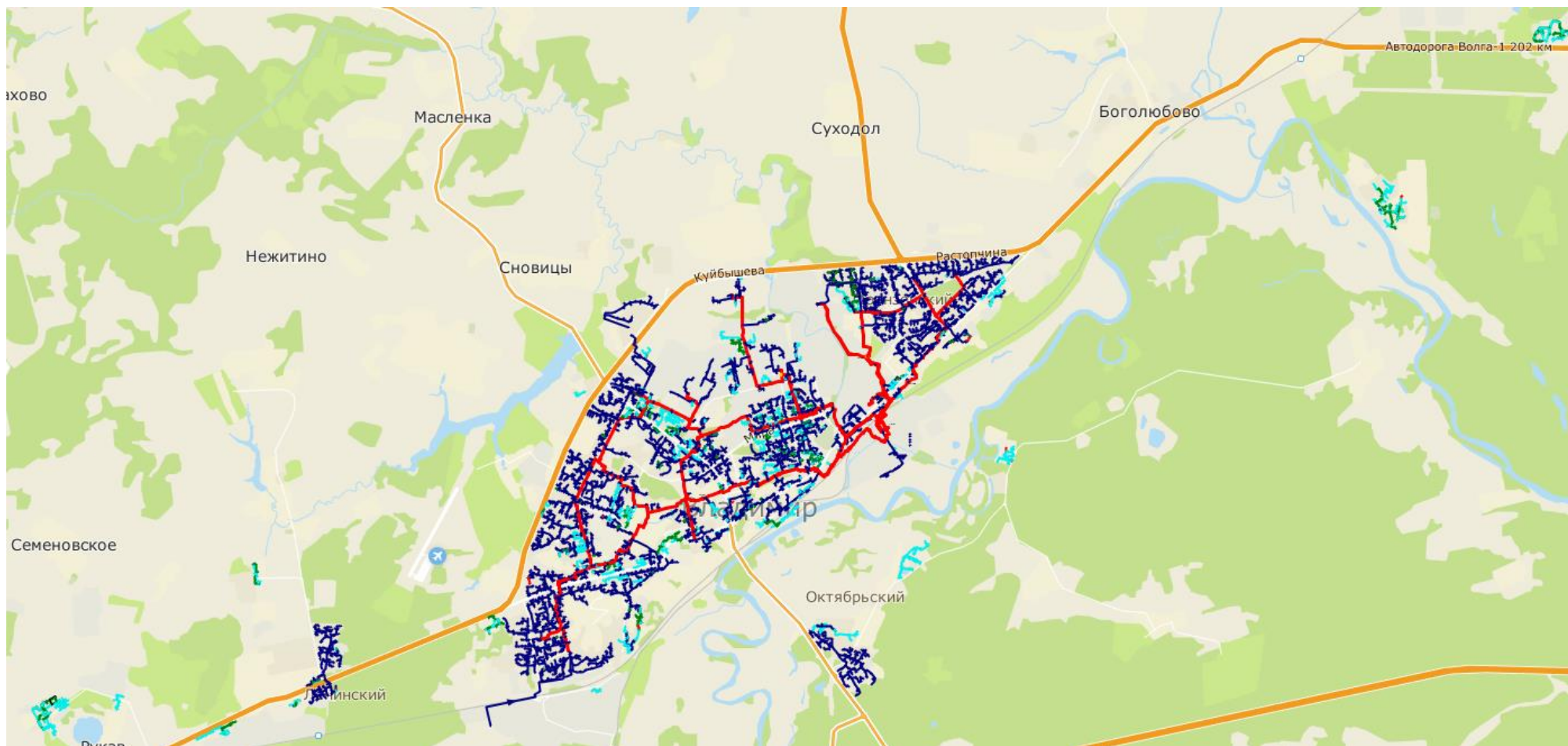


Рисунок 1 – Общий вид электронной модели системы теплоснабжения МО г. Владимир

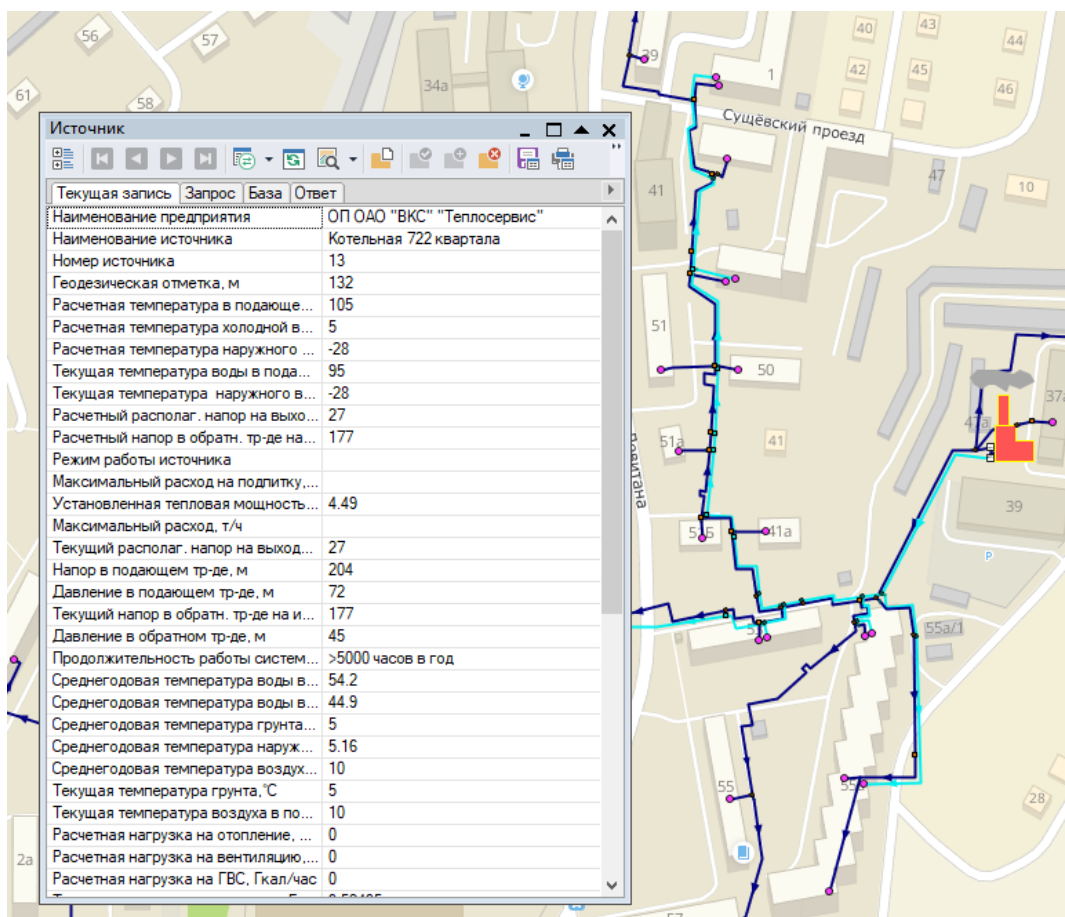
Часть 2 Паспортизация объектов системы теплоснабжения

Параллельно графическому представлению проводился этап информационного описания объектов системы теплоснабжения:

- источники тепловой энергии;
- потребители;
- участки тепловых сетей;
- ЦТП;
- арматура, разветвления, изменения диаметра, переключки.

Основой семантических данных об объектах системы теплоснабжения были данные предоставленные теплоснабжающими и теплосетевыми организациями МО г. Владимир.

В существующей базе данных электронной модели описаны следующие паспортные характеристики по основным типам объектов системы теплоснабжения:



Источник	
Текущая запись Запрос База Ответ	
Наименование предприятия	ОП ОАО "ВКС" "Теплосервис"
Наименование источника	Котельная 722 квартала
Номер источника	13
Геодезическая отметка, м	132
Расчетная температура в подающе...	105
Расчетная температура холодной в...	5
Расчетная температура наружного ...	-28
Текущая температура воды в пода...	95
Текущая температура наружного в...	-28
Расчетный располага. напор на выхо...	27
Расчетный напор в обратн. тр-де на...	177
Режим работы источника	
Максимальный расход на подпитку...	
Установленная тепловая мощность...	4.49
Максимальный расход, т/ч	
Текущий располага. напор на выход...	27
Напор в подающем тр-де, м	204
Давление в подающем тр-де, м	72
Текущий напор в обратн. тр-де на и...	177
Давление в обратном тр-де, м	45
Продолжительность работы систем...	>5000 часов в год
Среднегодовая температура воды в ...	54.2
Среднегодовая температура воды в ...	44.9
Среднегодовая температура грунта...	5
Среднегодовая температура наруж...	5.16
Среднегодовая температура воздух...	10
Текущая температура грунта, °С	5
Текущая температура воздуха в по...	10
Расчетная нагрузка на отопление, ...	0
Расчетная нагрузка на вентиляцию...	0
Расчетная нагрузка на ГВС, Гкал/час	0

Рисунок 2 – Данные, содержащиеся в электронной модели по объекту источник

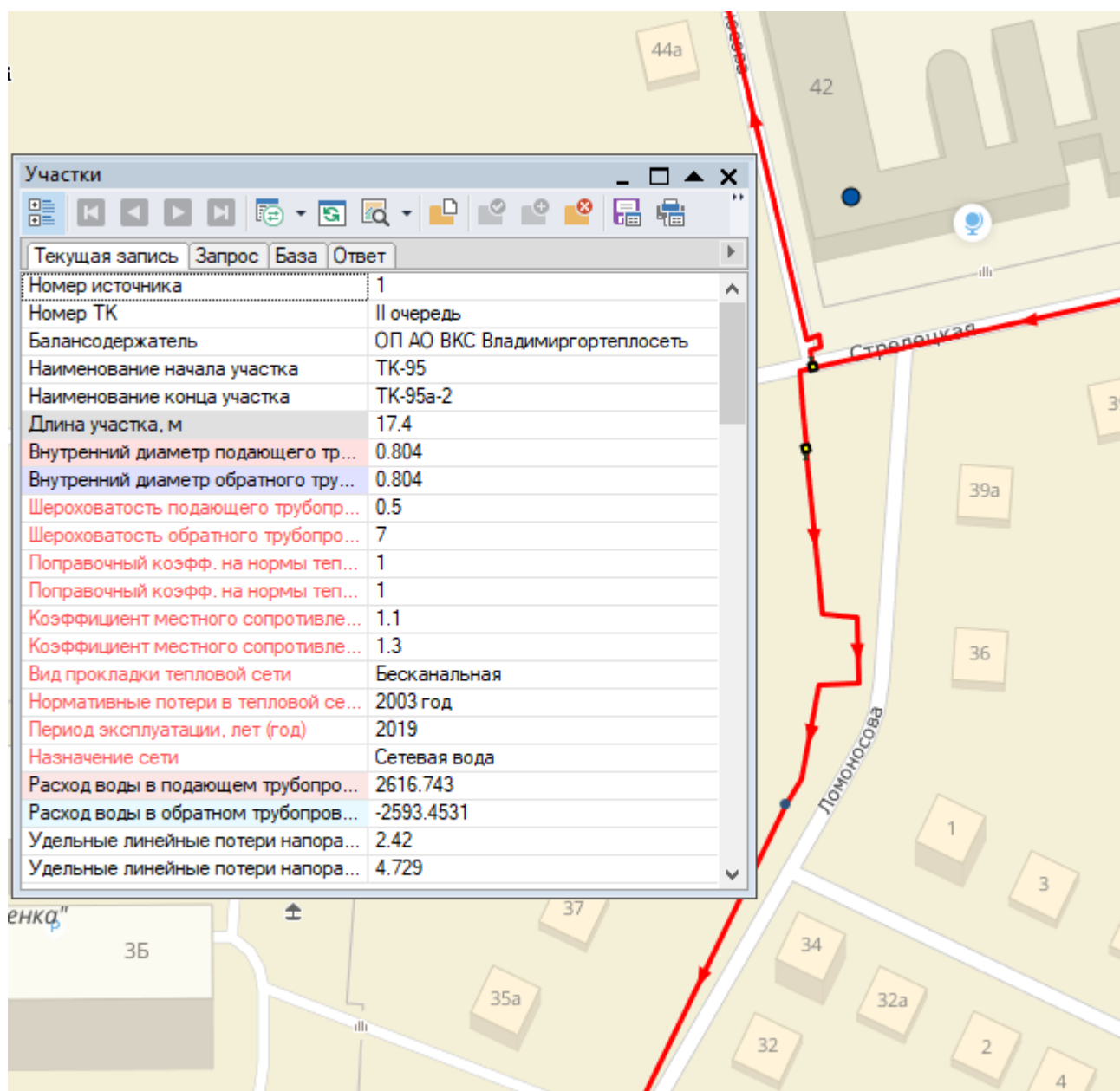


Рисунок 3 – Данные, содержащиеся в электронной модели по объекту участок

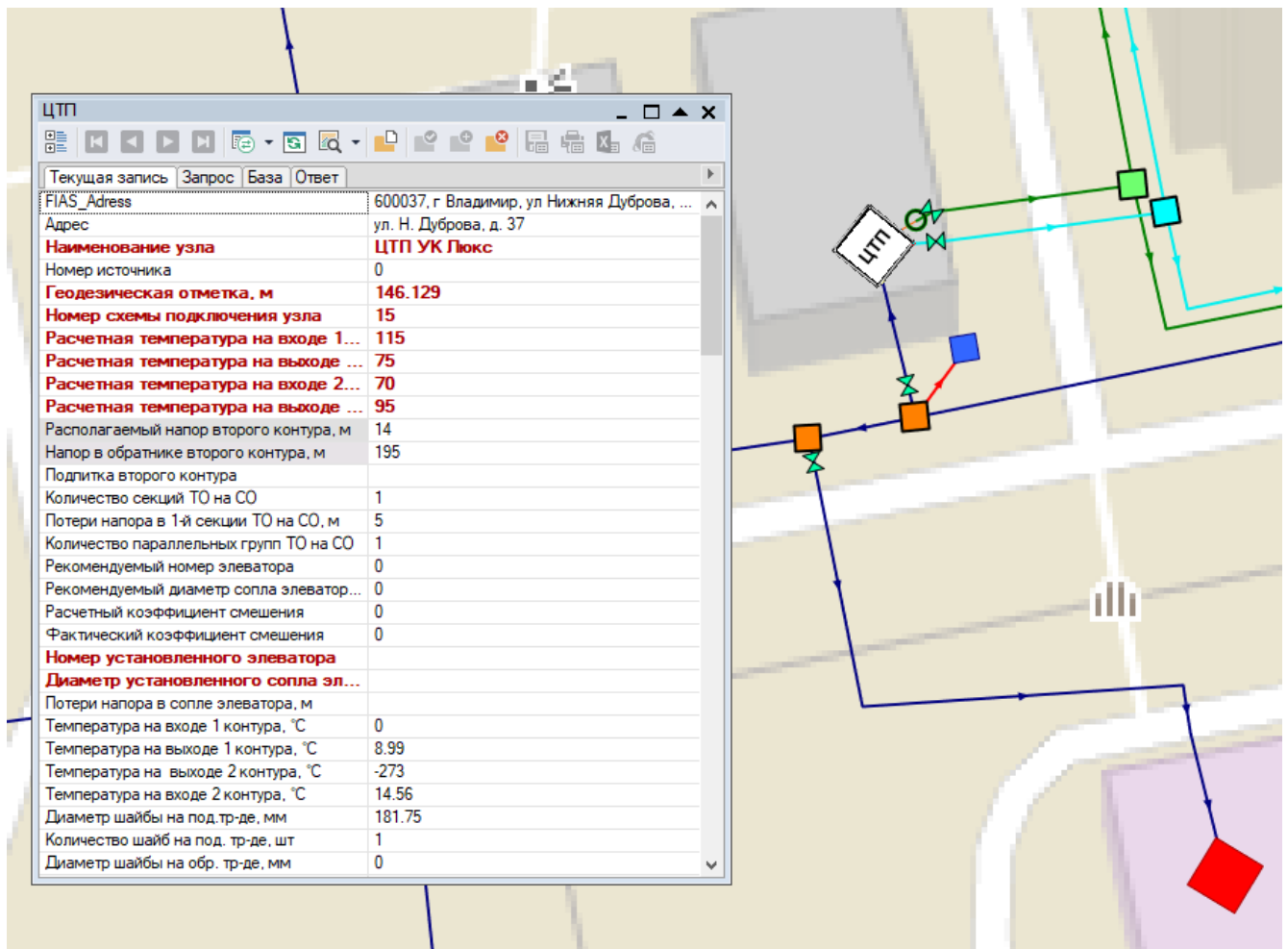


Рисунок 4 – Данные, содержащиеся в электронной модели по объекту ЦТП

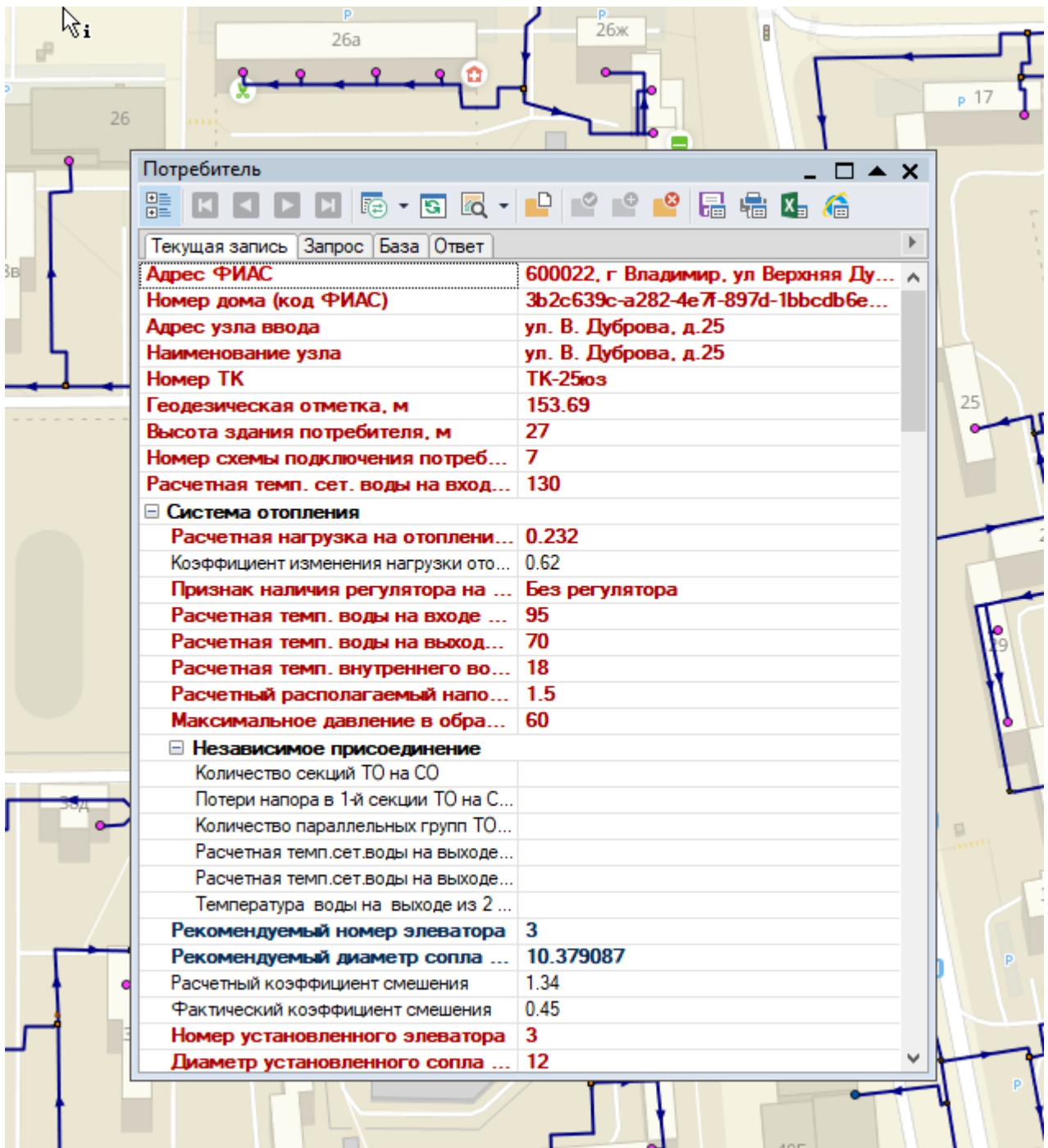


Рисунок 5 – Данные, содержащиеся в электронной модели по объекту потребитель

Состав информации по каждому типу объектов носит как справочный характер (например, балансовая принадлежность и т.д.), так и необходим для функционирования расчетной модели. Полнота заполнения базы данных по параметрам зависела от наличия исходных данных.

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

3.1 Административное деление

Границы территории муниципального образования город Владимир установлены Законом Владимирской области от 26.11.2004 № 189-ОЗ «О наделении статусом городского округа муниципального образования город Владимир Владимирской области» (в ред. Закона Владимирской области от 12.12.2017 N 116-ОЗ). В состав муниципального образования входит город Владимир и 17 сельских населенных пунктов (деревни: Аббакумово, Бухолово, Вилки, Злобино, Немцово, Никулино, Оборино, Уварово, Шепелево; села: Кусуново, Мосино, Спасское, Ущер; посёлки: Долгая Лужа, Заклязьменский, Рахманов Перевоз; турбаза «Ладога»).

Территория города Владимира разделена на административно-территориальные единицы – районы: Ленинский, Октябрьский и Фрунзенский.

Административно-территориальное устройство муниципального образования закреплено Уставом муниципального образования город Владимир (Утверждён решением Совета народных депутатов от 25.05.2017 г. № 65).

Расчетные элементы территориального деления

В качестве сетки расчетных элементов территориального деления, используемых в качестве территориальной единицы представления информации, принята сетка кадастрового деления территории МО г. Владимира.

При проведении кадастрового зонирования территории города выделяются структурно-территориальные единицы – кадастровые зоны и кадастровые кварталы.

Кадастровые зоны выделяются, как правило, в границах административных районов и включенных в городскую черту дополнительных территорий.

Кадастровые кварталы выделяются в границах кварталов существующей городской застройки, красных линий, а также территорий, ограниченных дорогами, просеками, реками и другими естественными границами.

Кадастровый номер квартала представляет собой уникальный идентификатор, присваиваемый объекту учета и который сохраняется за объектом учета до тех пор, пока он существует как единый объект.

Кадастровые зоны и кварталы покрывают территорию города без разрывов и перекрытий.

Схема кадастрового деления кадастрового района город Владимир на территории кадастрового округа Владимирский утверждена Приказом Комитета по земельным ресурсам и землеустройству по Владимирской области от 26.12.2001 № 121. Территория городского округа Владимир включает в себя 777 кадастровых кварталов и 37 395 участков, поставленных на кадастровый учёт, в том числе с границами – 28 552 (по данным публичной кадастровой карты).

Сетка кадастрового деления города загружена отдельным слоем в Электронную модель системы теплоснабжения МО г. Владимир.

Укрупненный фрагмент сетки кадастрового деления территории города Владимира представлен на рисунке 6.

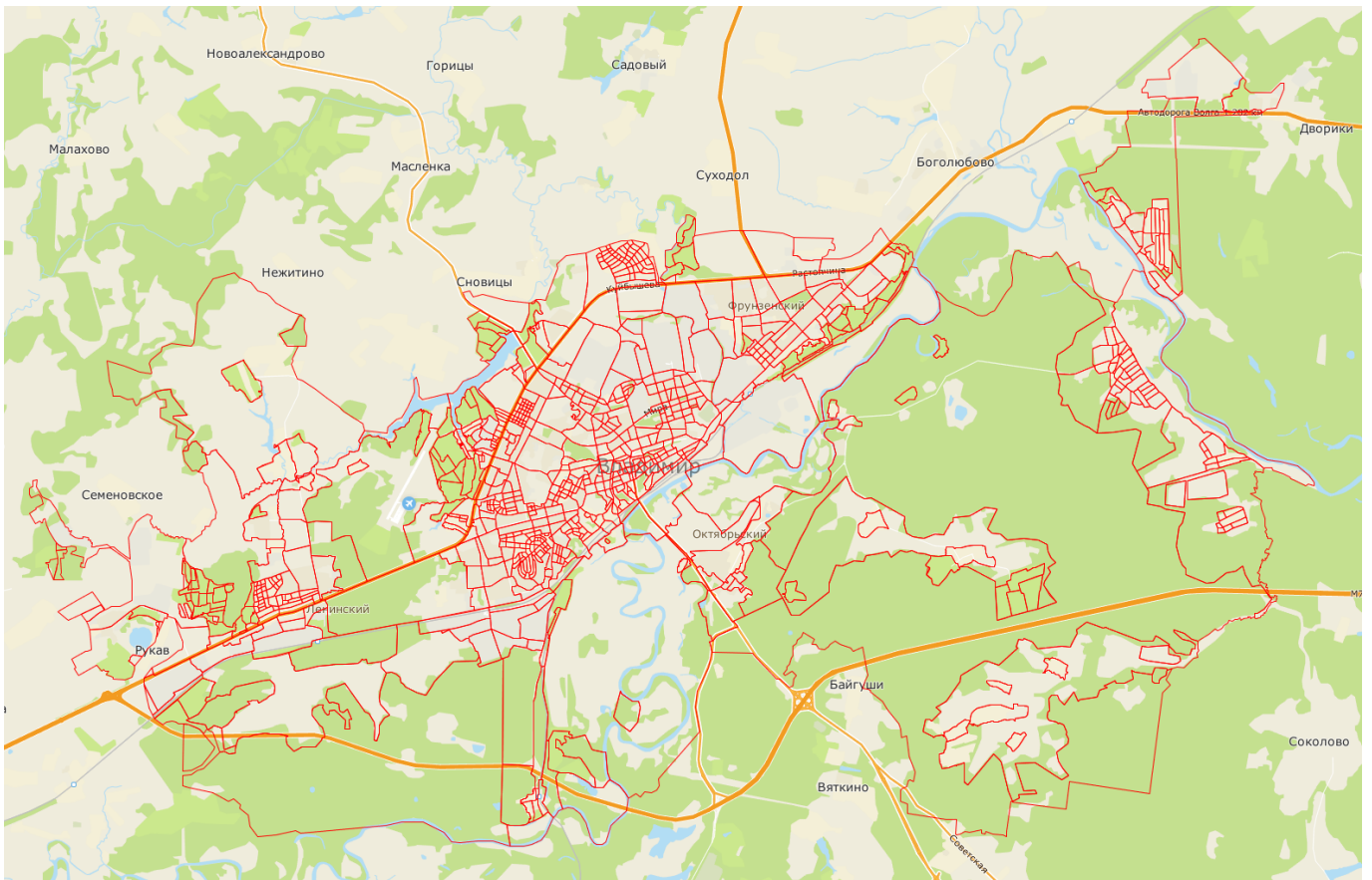


Рисунок 6 – Сетка кадастрового деления территории МО г. Владимир

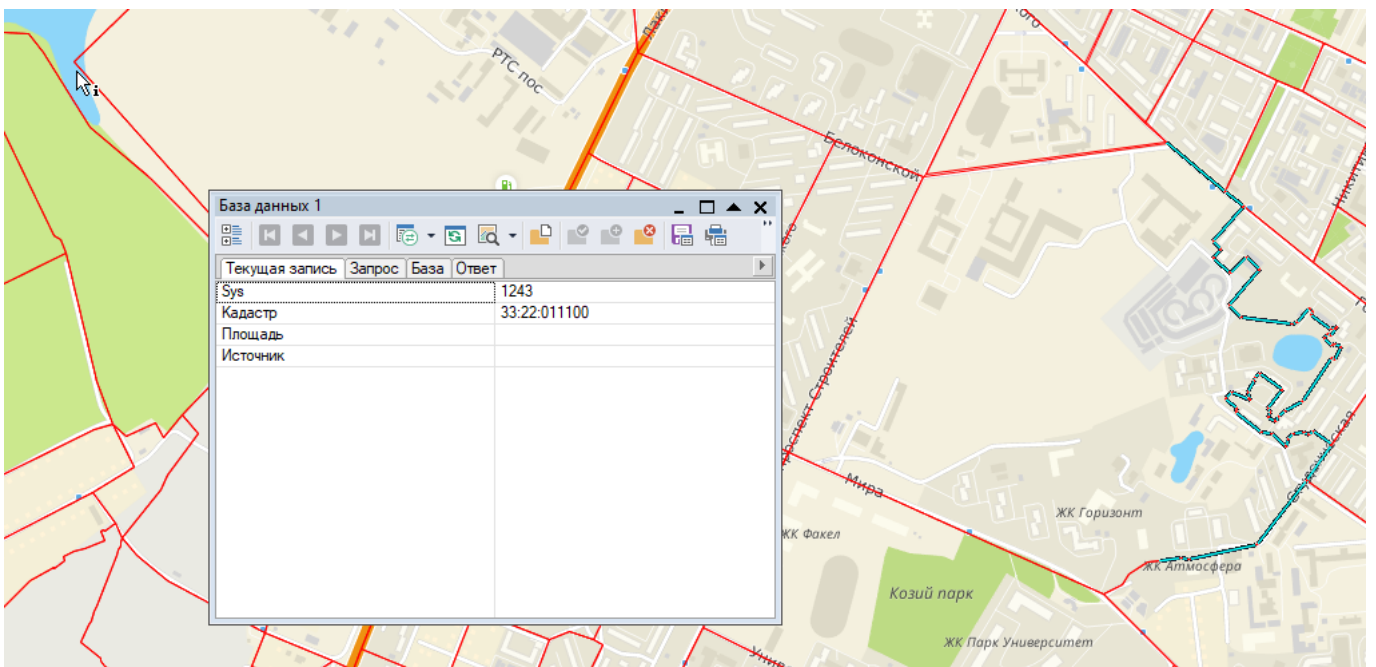


Рисунок 7 – Информация занесенная в базу данных по каждому кадастровому кварталу

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

Задачей гидравлического расчёта трубопроводов является определение фактических гидравлических сопротивлений основных магистралей и суммы сопротивлений по участкам, начиная от теплового ввода и до каждого потребителя.

Фактические суммарные потери давления на участке складываются из фактических линейных и местных потерь.

$$\Delta P_c = \Delta P_{л} + \Delta P_{м}, \text{ м вод. ст.}$$

Фактические линейные потери давления на участке определяются по формуле:

$$\Delta P_{л} = R_{т} \cdot l, \text{ м вод. ст., где}$$

$R_{т}$ - удельные линейные потери давления, м вод. ст./м;

l - длина участка трубопровода, м

Удельные потери давления на трение вычисляются по формуле:

$$R_{т} = \lambda \cdot \frac{\omega^2 \gamma G^2}{2gD_{в}}, \text{ где}$$

λ - коэффициент гидравлического трения, определяемый по формуле Колбрука-Уайта;

ω - скорость теплоносителя, м/с;

γ - плотность теплоносителя на расчётном участке трубопровода, кгс/м³;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

$D_{в}$ - внутренний диаметр трубы, м;

G - расчётный расход теплоносителя на расчётном участке, т/ч.

Для проведения гидравлического расчёта была составлена расчётная схема в ZuluThermo.

К гидравлическому режиму работы тепловых сетей предъявляют следующие требования:

- а) давление воды в обратных трубопроводах не должно превышать допустимого рабочего давления в непосредственно присоединенных системах потребителей теплоты и в то же время должно быть выше на 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) статического давления систем отопления для обеспечения их заполнения;
- б) давление воды в обратных трубопроводах тепловой сети во избежание подсоса воздуха должно быть не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см²);
- в) давление воды во всасывающих патрубках сетевых, подпиточных, подкачивающих и смесительных насосов не должно превышать допустимого по условиям прочности конструкции насосов и быть не ниже 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) или величины допустимого кавитационного запаса;
- г) давление в подающем трубопроводе при работе сетевых насосов должно быть таким, чтобы не происходило кипения воды при ее максимальной температуре в любой точке подающего трубопровода, в оборудовании источника теплоты и в приборах систем теплопотребителей, непосредственно присоединенных к тепловым сетям; при этом

давление в оборудовании источника теплоты и тепловой сети не должно превышать допустимых пределов их прочности;

- д) перепад давлений на тепловых пунктах потребителей должен быть не меньше гидравлического сопротивления систем теплоснабжения с учетом потерь давления в дроссельных диафрагмах и соплах элеваторов;
- е) статическое давление в системе теплоснабжения не должно превышать допустимого давления в оборудовании источника теплоты, в тепловых сетях и системах теплоснабжения, непосредственно присоединенных к сетям, и обеспечивать заполнение их водой; статическое давление должно определяться условно для температуры воды до 100 °С; для случаев аварийной остановки сетевых насосов или отключения отдельных участков тепловой сети при сложном рельефе местности и гидравлическом режиме допускается учитывать повышение статического давления во избежание кипения воды с температурой выше 100 °С.

4.1 Наладочный расчет тепловой сети

Целью наладочного расчета является обеспечение потребителей расчетным количеством воды и тепловой энергии. В результате расчета осуществляется подбор элеваторов и их сопел, производится расчет смесительных и дросселирующих устройств, определяется количество и место установки дроссельных шайб. Расчет может производиться при известном располагаемом напоре на источнике и его автоматическом подборе в случае, если заданного напора недостаточно.

В результате расчета определяются расходы и потери напора в трубопроводах, напоры в узлах сети, в том числе располагаемые напоры у потребителей, температура теплоносителя в узлах сети (при учете тепловых потерь), величина избыточного напора у потребителей, температура внутреннего воздуха.

Дросселирование избыточных напоров на абонентских вводах производят с помощью сопел элеваторов и дроссельных шайб. Дроссельные шайбы перед абонентскими вводами устанавливаются автоматически на подающем, обратном или обоих трубопроводах в зависимости от необходимого для системы гидравлического режима. При работе нескольких источников на одну сеть определяется распределение воды и тепловой энергии между источниками. Подводится баланс по воде и отпущенной тепловой энергией между источником и потребителями. Определяются потребители и соответствующий им источник, от которого данные потребители получают воду и тепловую энергию.

4.2 Поверочный расчет тепловой сети. Калибровка электронной модели.

Целью поверочного 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 системы, а также прогнозировать изменение температуры внутреннего воздуха у потребителей. Расчеты могут проводиться 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 результате расчета определяются расходы и потери напора в трубопроводах, напоры в узлах сети, в том числе располагаемые напоры у потребителей, температура теплоносителя в узлах сети (при учете тепловых потерь), температуры внутреннего воздуха у потребителей, расходы и температуры воды на входе и выходе в каждую систему теплоснабжения. При работе нескольких источников на одну сеть определяется распределение воды и тепловой энергии между источниками. Подводится баланс по воде и отпущенной тепловой энергией между источником и потребителями. Определяются потребители и соответствующий им источник, от которого данные потребители получают воду и тепловую энергию.

В качестве исходных данных были получены измерения в контрольных точках по основным магистралям системы теплоснабжения в соответствии с существующим режимом в отопительный период. Контрольными точками выступают тепловые камеры, на которых в постоянном режиме ведётся запись параметров сетевой воды – давление в подающем и обратном трубопроводах. (см. Приложение 1)

При поверке на температуру наружного воздуха (далее Тнв), равную - 9,5 °С и температуру в подающем трубопроводе (далее Тпод), равную 79,4 °С.

Расход сетевой воды в модели от станции не отличался от фактического и составлял около 11 500 т/ч.

Для контроля качества выполненной модели производится сравнение с давлением на вводе в тепловые камеры с давлением, полученным по результатам расчёта в электронной модели. Отклонение от фактических значений не превышает как правило 10 %.

Т а б л и ц а 1 – Параметры теплоносителя на выходе из источников тепловой энергии

Наименование источника	ТЭЦ-2
Температура воды в подающем трубопроводе, °С	79,4
Давление в подающем трубопроводе, м вод. ст.	112
Давление в обратном трубопроводе, м вод. ст.	35
Располагаемый напор на выходе из источника, м вод. ст.	77
Температура наружного воздуха, Тнв, °С	- 9,5
Расход сетевой воды от ТЭЦ, т/ч	11 500

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

Пакет инженерных расчетов Zulu Thermo способен осуществлять анализ отключений, переключений, поиск ближайшей запорной арматуры, отключающей участок от источников, или полностью изолирующей участок и т.д.

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

При работе нескольких источников на одну сеть определяется распределение воды и тепловой энергии между источниками. Подводится баланс по воде и отпущенной тепловой энергии между источником и потребителями. Определяются потребители и соответствующий им источник, от которого данные потребители получают воду и тепловую энергию. Балансы тепловой энергии по источникам тепловой энергии приведены в Главе 4 Обосновывающих материалов.

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

Пакет инженерных расчетов Zulu Thermo способен осуществлять расчет потерь тепловой энергии через изоляцию и с утечками теплоносителя. Просмотреть результаты расчета можно как суммарно по всей тепловой сети, так и по каждому отдельно взятому источнику тепловой энергии и каждому центральному тепловому пункту (ЦТП). Расчет может быть выполнен с учетом поправочных коэффициентов на нормы тепловых потерь.

Результаты выполненных расчетов можно экспортировать в MS Excel.

The screenshot shows the Zulu Thermo software interface. On the left, a tree view shows the project structure: 'Тепловая сеть' (Heating network) containing 'Котельная № 1' (Boiler house № 1) with sub-items 'ЦТП - 1' (Central Thermal Point - 1), 'ЦТП - 1 (ГВС)' (ЦТП - 1 (DHW)), 'ЦТП - 2', and 'ЦТП - 2 (ГВС)'. The main panel contains input fields for 'График' (Graph) and 'Среднегодовые' (Annual average) parameters. The 'График' section includes: Tнв: -30.0, Tсо: 95.0, Tпод: 150.0, Tвв: 20.0, Tобр: 70.0. The 'Среднегодовые' section includes: Tнв: -5.5, Tгрунт: 0.0, Tпод: 62.0, Tподв: 10.0, Tобр: 49.0. There are buttons for 'Расчет потерь' (Calculate losses), 'Сохранить' (Save), and 'Отчет' (Report). Below these are radio buttons for 'Суммарные по подсети' (Selected) and 'По данному узлу' (By this node). A 'Владельцы:' (Owners) dropdown menu is set to '(Все владельцы)'. At the bottom, a table displays the results of the calculations for each month and a total.

Месяц	П..	Про...	Tнв	Tгр	Tпод	Tобр	Tвв	Qпод Гкал	Qобр Гкал	Qут_под т	Qут_под ...	Qут_обр т	Qут_обр ...	Qут_пот т	Qут_пот ...
Январь	О	744	-11.0	1.0	104.5	54.9	5.0	389.0	166.7	229.4	19.2	234.1	11.8	198.7	11.6
	Л	0	-11.0	1.0	60.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Февраль	О	672	-30.0	0.0	150.0	70.0	0.0	445.4	190.9	201.8	23.8	210.0	13.8	179.4	12.8
	Л	0	-30.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Март	О	744	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	338.8	145.2	232.3	15.7	235.0	10.6	198.7	10.1
	Л	0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Апрель	О	720	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	327.9	140.5	224.8	15.2	227.4	10.2	192.3	9.8
	Л	0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Май	О	744	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	338.8	145.2	232.3	15.7	235.0	10.6	198.7	10.1
	Л	0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Июнь	О	0	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	247.1	105.9	105.0	6.0	105.6	4.8	192.3	9.8
	Л	720	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	71.9	17.0	121.0	7.3	123.1	0.0	0.0	0.0
Июль	О	0	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	255.3	109.4	108.5	6.2	109.1	4.9	198.7	10.1
	Л	744	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	74.3	17.6	125.0	7.5	127.2	0.0	0.0	0.0
Август	О	0	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	255.3	109.4	108.5	6.2	109.1	4.9	198.7	10.1
	Л	744	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	74.3	17.6	125.0	7.5	127.2	0.0	0.0	0.0
Сентябрь	О	720	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	327.9	140.5	224.8	15.2	227.4	10.2	192.3	9.8
	Л	0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Октябрь	О	744	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	338.8	145.2	232.3	15.7	235.0	10.6	198.7	10.1
	Л	0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ноябрь	О	720	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	327.9	140.5	224.8	15.2	227.4	10.2	192.3	9.8
	Л	0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Декабрь	О	744	0.0	0.0	77.0	45.0	0.0	338.8	145.2	232.3	15.7	235.0	10.6	198.7	10.1
	Л	0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Итого:								4151.6	1737.0	2727.7	191.8	2767.5	113.2	2339.2	124.3

Рисунок 8 – Расчет тепловых потерь через изоляцию

Часть 8 Расчет показателей надежности теплоснабжения

Цель расчета - количественная оценка надежности теплоснабжения потребителей систем централизованного теплоснабжения и обоснование необходимых мероприятий по достижению требуемой надежности.

Расчет позволяет:

- Рассчитывать надежность и готовность системы теплоснабжения к отопительному сезону.
- Разрабатывать мероприятия, повышающие надежность работы системы теплоснабжения.

Расчет выполняется в соответствии с Методикой и алгоритмом расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов ОАО «Газпром промгаз». Методика и результаты расчетов представлены в Главе 11 Обосновывающих материалов.

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

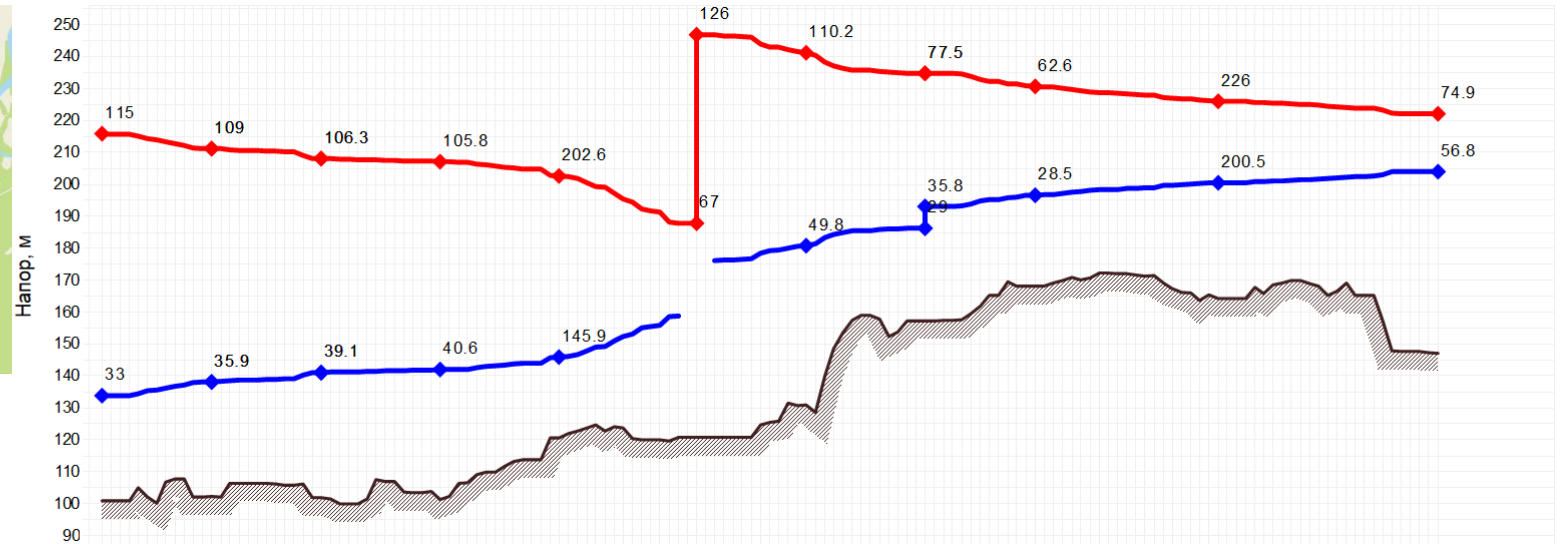
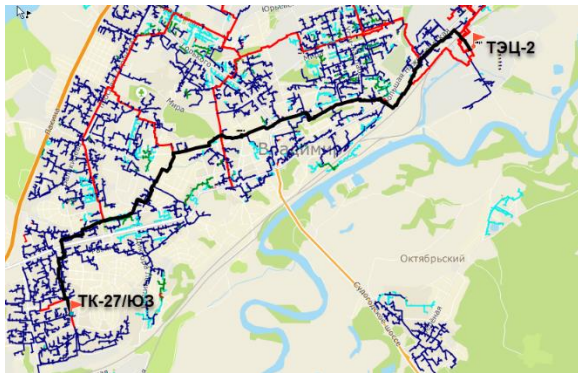
ГИС Zulu позволяет осуществлять групповые изменения характеристик объектов (участков тепловых сетей, потребителей) по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схем теплоснабжения.

При актуализации схемы теплоснабжения в электронную модель были внесены все изменения, сделанные в период актуализации, включая перечень потребителей тепловой энергии, подключенных к существующим тепловым сетям.

Для учета перспективных тепловых нагрузок в электронной модели присоединены все перспективные потребители, приведенные в Главе 2 Обосновывающих материалов.

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

Ниже приведены пьезометрические графики от источников тепловой энергии до тепловых камер, где ведутся постоянные замеры параметров (давление в подающем и обратном трубопроводе, температуры).



Наименование узла	ТЭЦ	т.96/2	т.190/2	опуск	УУТЭ т.290/2	НСР-3	ТК-81/2	т.106/2	ТК-115/2	УУТЭ тк.8/Ю3	ТК-27л2/Ю3
Геодезическая высота, м	100.74	102.15	101.79	101.27	120.55	120.7	130.89	157.23	168.05	164.24	147.1
Полный напор в обр. тр-де, м	133.7	138	140.9	141.9	145.9		180.7	186.2	196.5	200.5	203.9
Располагаемый напор, м	81.998	73.131	67.152	65.178	56.707		60.391	41.744	34.092	25.565	18.138
Длина участка, м	1	44.1	55.1	34.8	16.2	1	109.5	1	46.3	1	
Диаметр участка, м		0.804	0.804	0.804	0.804		0.804		0.702		
Потери напора в под. тр-де, м	0.048	0.132	0.156	0.056	0.252	0.003	0.762	0.001	0.168	0	
Потери напора в обр. тр-де, м	0.042	0.122	0.146	0.051	0.226		0.657	0.001	0.145	0	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	4.834	1.041	1.015	1.015	2.592	1.645	2.118	0.887	1.403	0.382	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-4.66	-1.03	-1.007	-1.007	-2.582		-2.044	-0.856	-1.355	-0.369	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	43.601	2.71	2.578	1.454	14.157	2.624	6.325	1.176	3.299	0.143	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	38.54	2.522	2.408	1.329	12.688		5.456	1.013	2.848	0.138	
Расход в под. тр-де, т/ч	13169.44	1833.13	1787.94	1787.28	4565.91	4483.51	3731.25	2415.99	1884.57	1040.46	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-13004.27	-1859.64	-1817.34	-1818.01	-4660.47		-3691.76	-2391.41	-1866	-1031.68	

Рисунок 9 – Пьезометрический путь от ТЭЦ-2 до наиболее отдалённой контрольной камеры ТК-27юз (10,4 км)

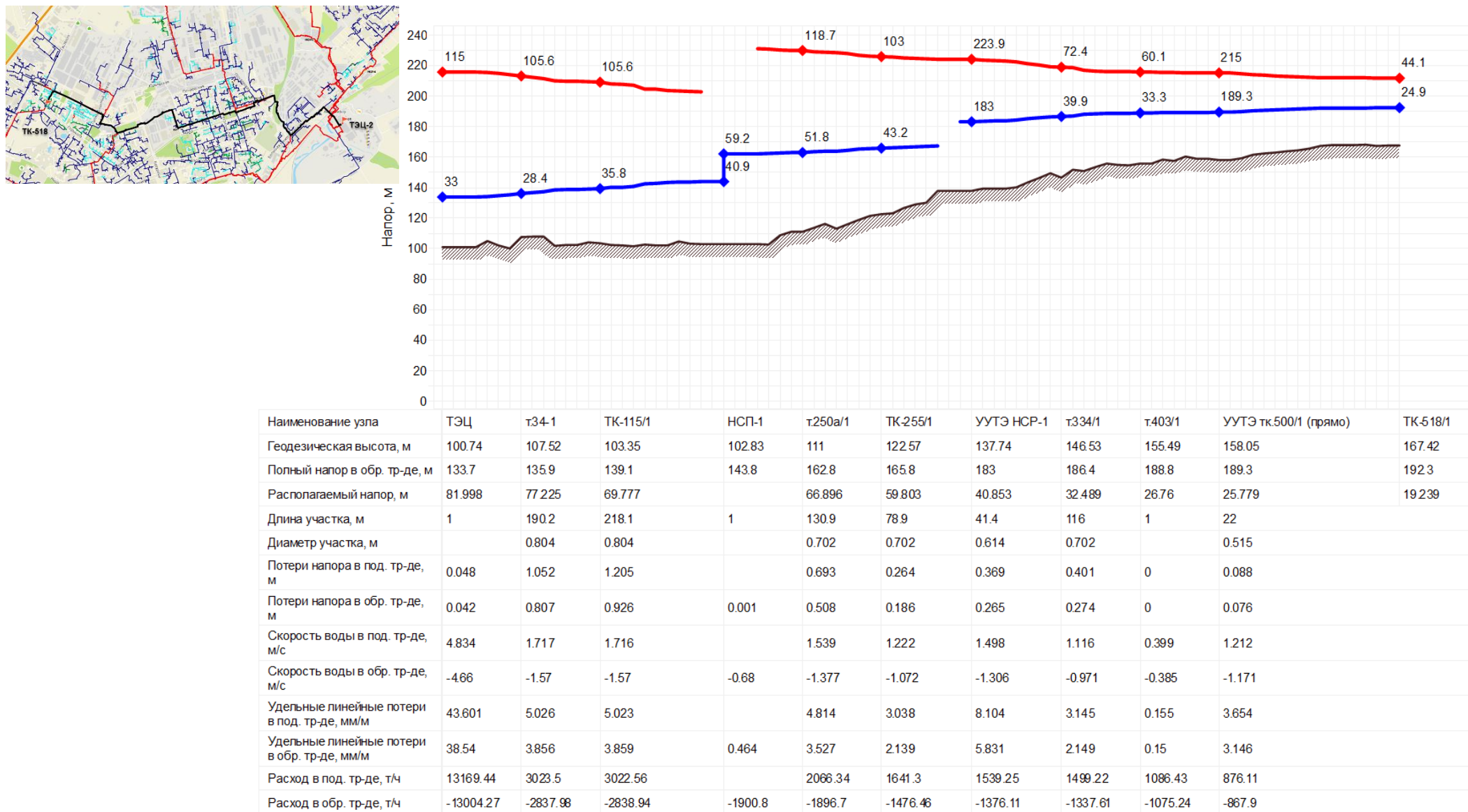
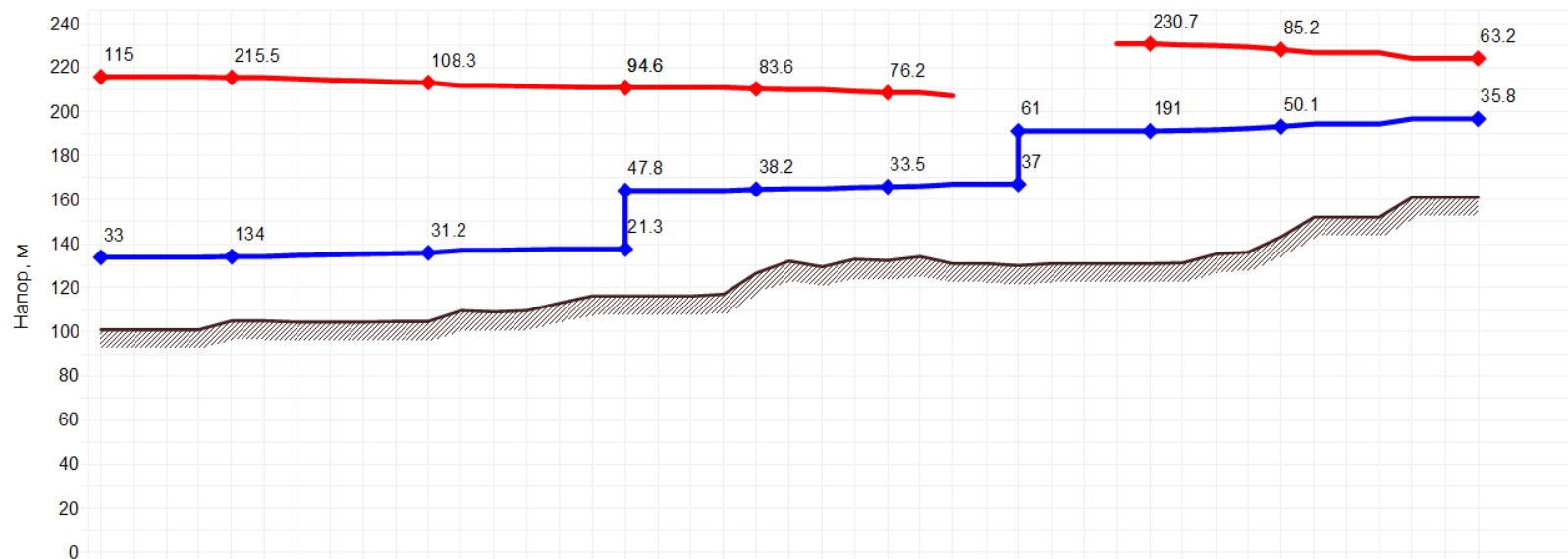
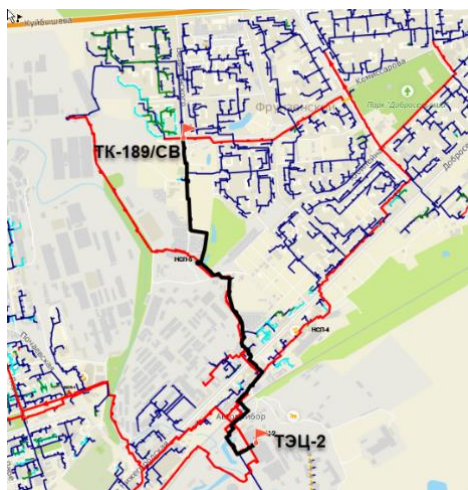
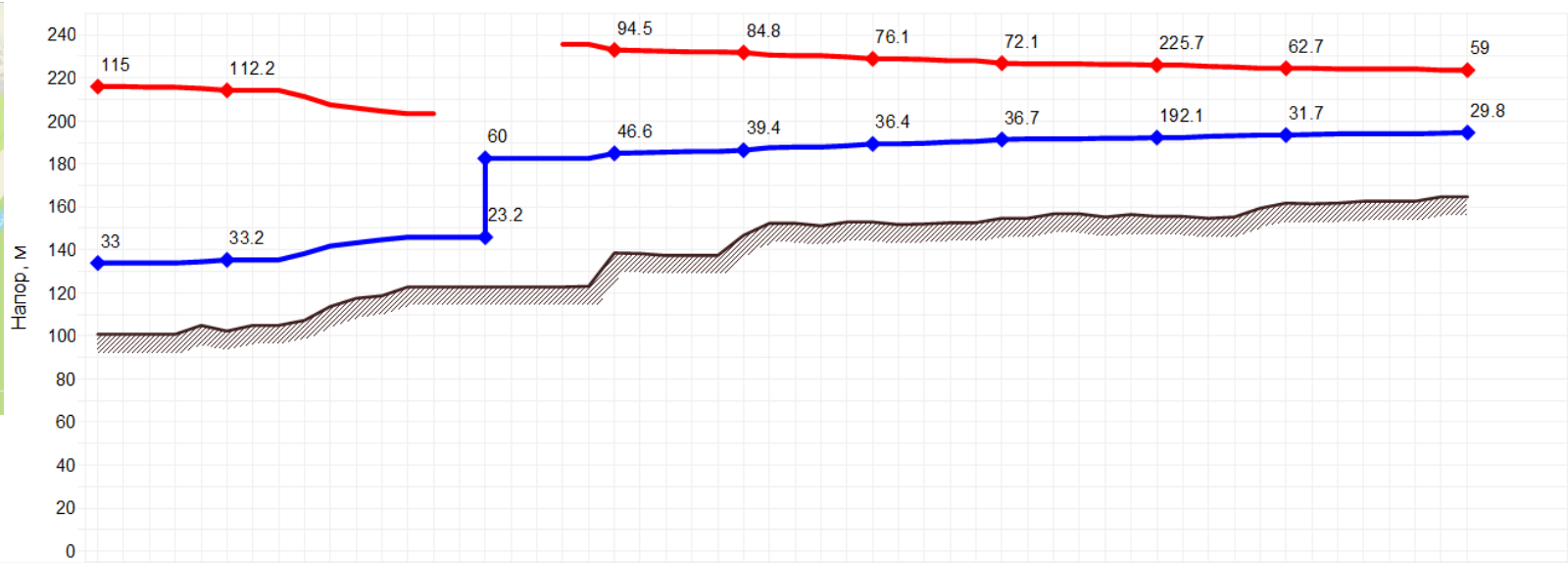
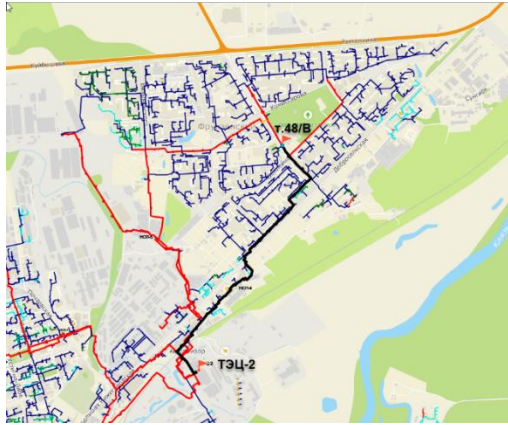


Рисунок 10 – Пьезометрический путь от ТЭЦ-2 до наиболее отдалённой контрольной камеры ТК-518 (7,4 км)



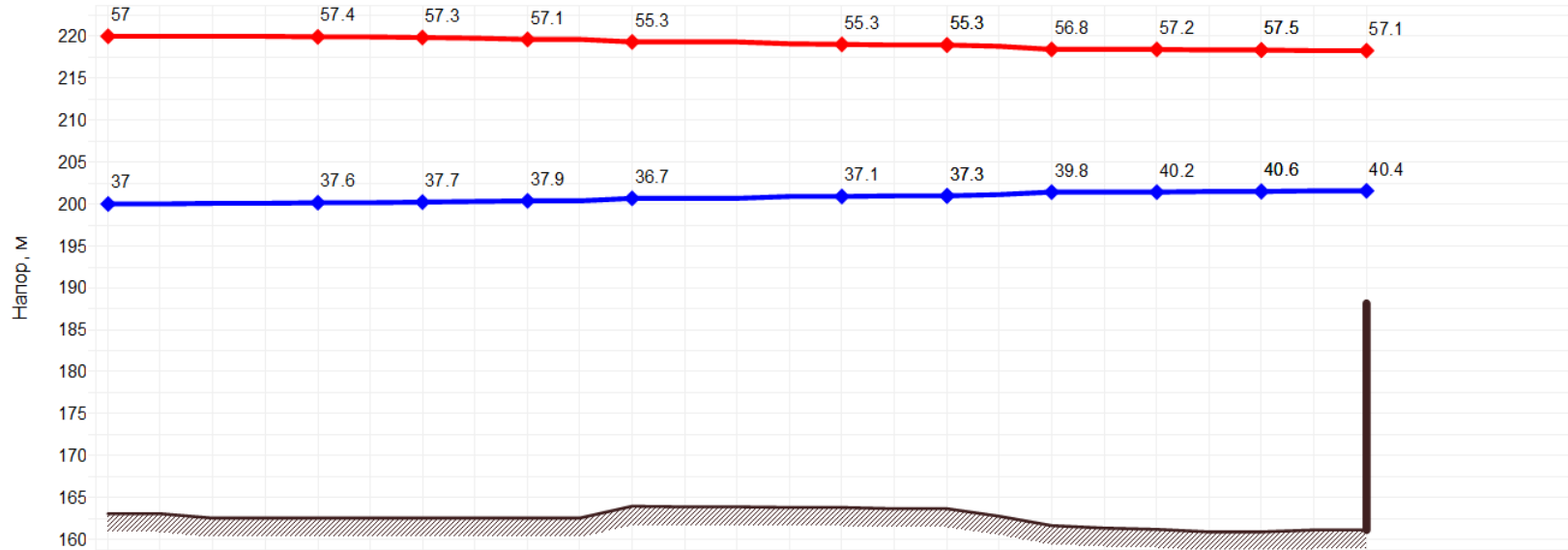
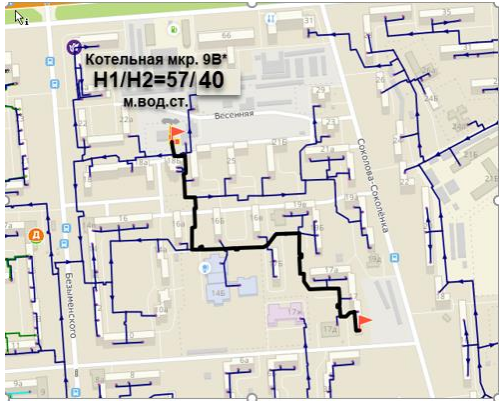
Наименование узла	ТЭЦ	УУТЭ Северо-Восток	т65/СВ		т.113/СВ	т.128/СВ	НСП-5	УУТЭ НСП-5	НО-187а/СВ	ТК-189/СВ
Геодезическая высота, м	100.74	104.9	104.67	116.2	126.45	132.28	130	130.73	142.99	160.75
Полный напор в обр. тр-де, м	133.7	134	135.9	137.5	164.6	165.8	167	191	193.1	196.5
Располагаемый напор, м	81.998	81.483	77.129	46.767	45.428	42.725		39.729	35.041	27.457
Длина участка, м	1	13	304.7	1	46.1	53.9	1	105.3	291.9	
Диаметр участка, м		0.614	0.614		0.614	0.614		0.614	0.614	
Потери напора в под. тр-де, м	0.048	0.066	1.451	0	0.185	0.216		0.552	1.53	
Потери напора в обр. тр-де, м	0.042	0.05	1.106	0	0.14	0.163	0	0.453	1.257	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	4.834	1.129	1.095	0.41	1.005	1.004		1.003	1.002	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-4.66	-1.014	-0.982	-0.368	-0.897	-0.896	-0.338	-0.896	-0.896	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	43.601	4.602	4.329	0.164	3.644	3.636		4.769	4.765	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	38.54	3.519	3.3	0.137	2.753	2.75	0.116	3.913	3.916	
Расход в под. тр-де, т/ч	13169.44	1159.85	1124.95	1117.19	1032.04	1030.96		1029.96	1029.61	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-13004.27	-1069.58	-1035.85	-1028.96	-946.13	-945.61	-945.21	-945.22	-945.58	

Рисунок 11 – Пьезометрический путь от ТЭЦ-2 до контрольной камеры ТК-189 СВ (3,2 км)



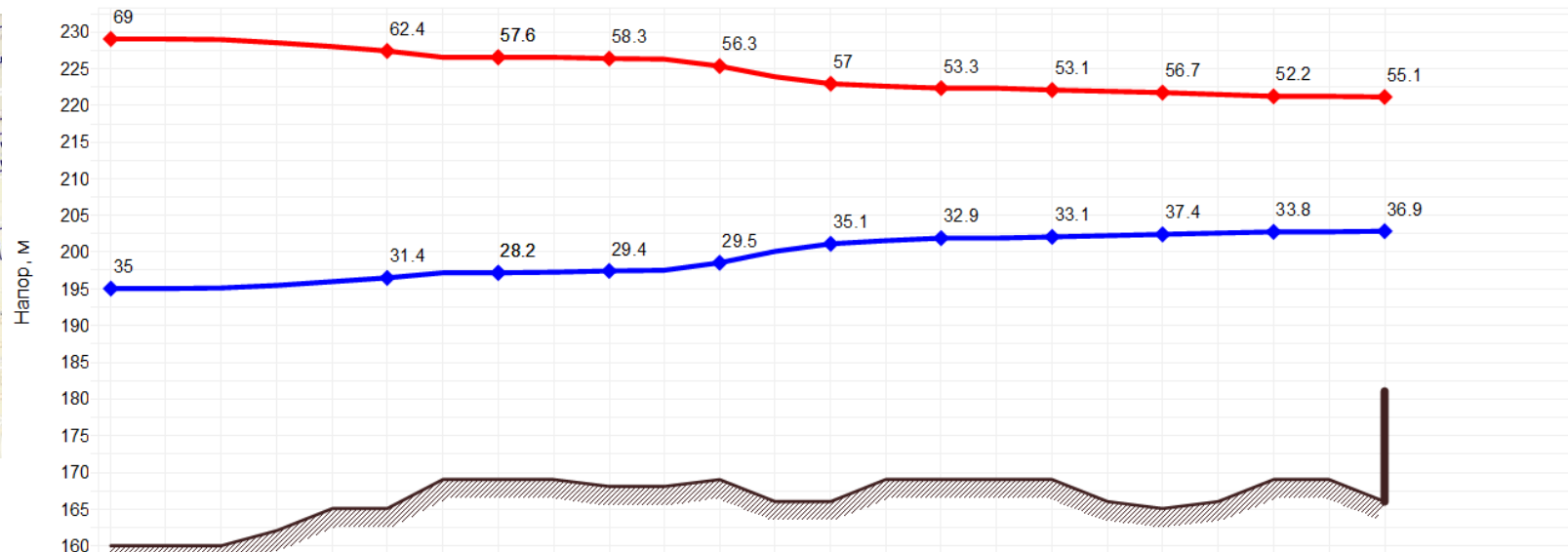
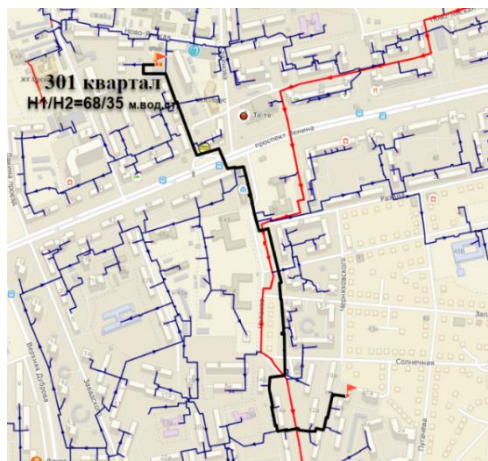
Наименование узла	ТЭЦ	т.1/2	НСП-4	т.122/В	ТК-129/В	т.37/В	ТК-213/В	УУТЭ т.40/В	ТК-238/В	т.48/В
Геодезическая высота, м	100.74	101.98	122.5	138.32	146.8	152.78	154.49	155.45	161.68	164.55
Полный напор в обр. тр-де, м	133.7	135.2	145.7	184.9	186.2	189.2	191.2	192.1	193.4	194.3
Располагаемый напор, м	81.998	78.967		47.964	45.477	39.668	35.41	33.531	30.952	29.163
Длина участка, м	1	2	1	39.5	282.2	14.3	25.7	1	49.1	
Диаметр участка, м		0.614		0.614	0.614	0.614	0.614		0.614	
Потери напора в под. тр-де, м	0.048	0.021		0.194	1.273	0.09	0.16	0	0.133	
Потери напора в обр. тр-де, м	0.042	0.02	0	0.204	1.344	0.084	0.149	0	0.131	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	4.834	1.629		1.582	1.516	1.376	1.37	0.516	1.01	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-4.66	-1.642	-0.611	-1.598	-1.535	-1.4	-1.395	-0.525	-1.046	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	43.601	9.57		4.465	4.102	5.711	5.661	0.259	2.469	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	38.54	9.22	0.375	4.691	4.328	5.324	5.284	0.278	2.422	
Расход в под. тр-де, т/ч	13169.44	1672.72		1625.07	1557.56	1413.57	1407.42	1405.13	1037.44	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-13004.27	-1730.93	-1708.45	-1685.56	-1618.86	-1476.44	-1470.82	-1468.77	-1103.5	

Рисунок 12 – Пьезометрический путь от ТЭЦ-2 до самого отдалённого потребителя в северо-восточной части города (расстояние от ТЭЦ-2 составляет 3,4 км)



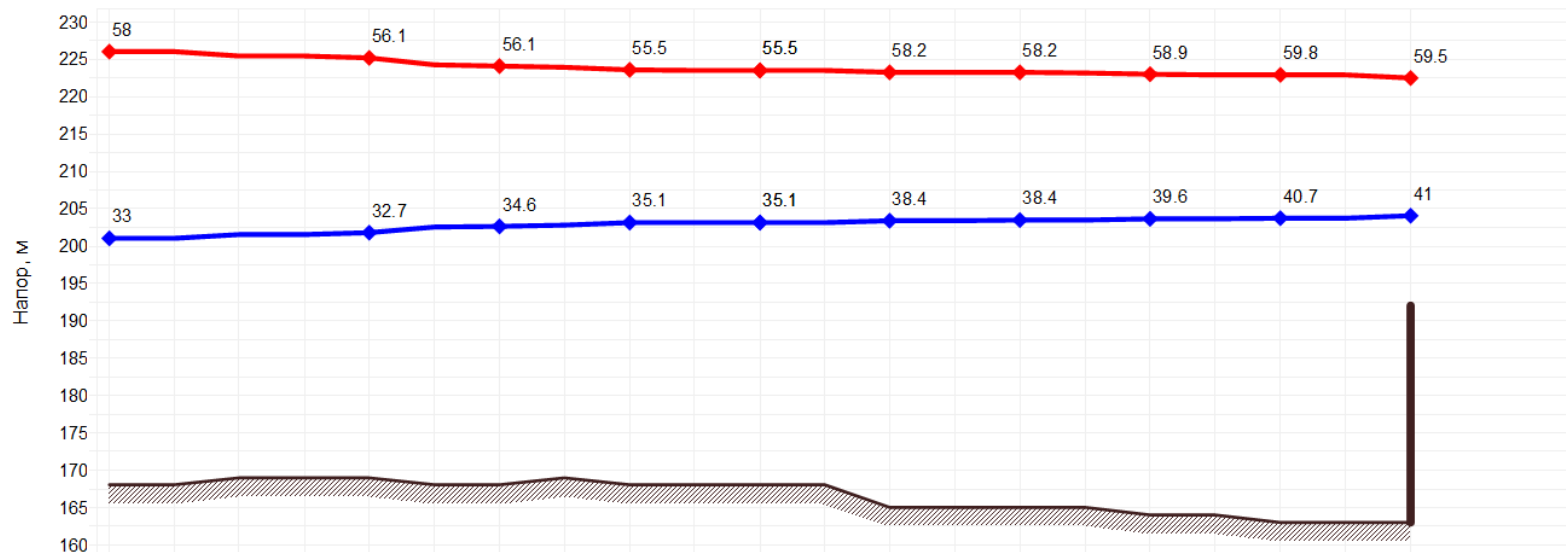
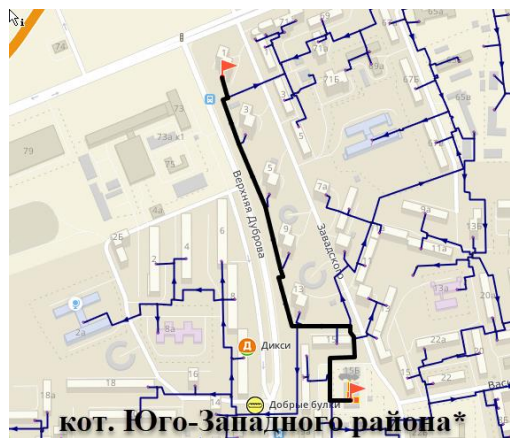
Наименование узла	Котельная мкр. 9В*	УТ-1Б	УТ-21	УТ-21А	переход на б/канал	УТ-11А	УТ-11Б	УТ-15	УТ-16А	УТ-17	ул. С-Соколенка, д. 17
Геодезическая высота, м	163	162.47	162.47	162.47	163.95	163.75	163.61	161.59	161.19	160.87	161.11
Полный напор в обр. тр-де, м	200	200.1	200.2	200.4	200.6	200.8	201	201.4	201.4	201.4	201.5
Располагаемый напор, м	20	19.827	19.604	19.223	18.673	18.174	17.928	17.062	16.968	16.881	16.69
Длина участка, м	1	1	25.4	1	5.4	64.1	36.6	31	25.6	26.2	
Диаметр участка, м			0.309		0.259	0.207	0.15	0.15	0.1	0.082	
Потери напора в под. тр-де, м	0	0	0.076	0	0.011	0.131	0.133	0.022	0.046	0.104	
Потери напора в обр. тр-де, м	0	0	0.065	0	0.01	0.114	0.115	0.02	0.04	0.089	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	0.109	0.066	0.668	0.037	0.558	0.475	0.511	0.227	0.273	0.354	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-0.106	-0.064	-0.653	-0.037	-0.545	-0.464	-0.5	-0.222	-0.267	-0.346	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	0.012	0.006	2.703	0.002	1.91	1.863	3.307	0.659	1.645	3.609	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	0.012	0.005	2.313	0.002	1.663	1.618	2.852	0.577	1.42	3.089	
Расход в под. тр-де, т/ч	299.58	180.6	175.87	103.16	103.14	56.11	31.7	14.08	7.53	6.56	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-297.86	-179.55	-174.86	-102.58	-102.59	-55.8	-31.53	-14.02	-7.49	-6.53	

Рисунок 13 – Пьезометрический путь от котельной «Микрорайон 9В» до самого отдалённого потребителя (расстояние от котельной составляет 0,67 км)



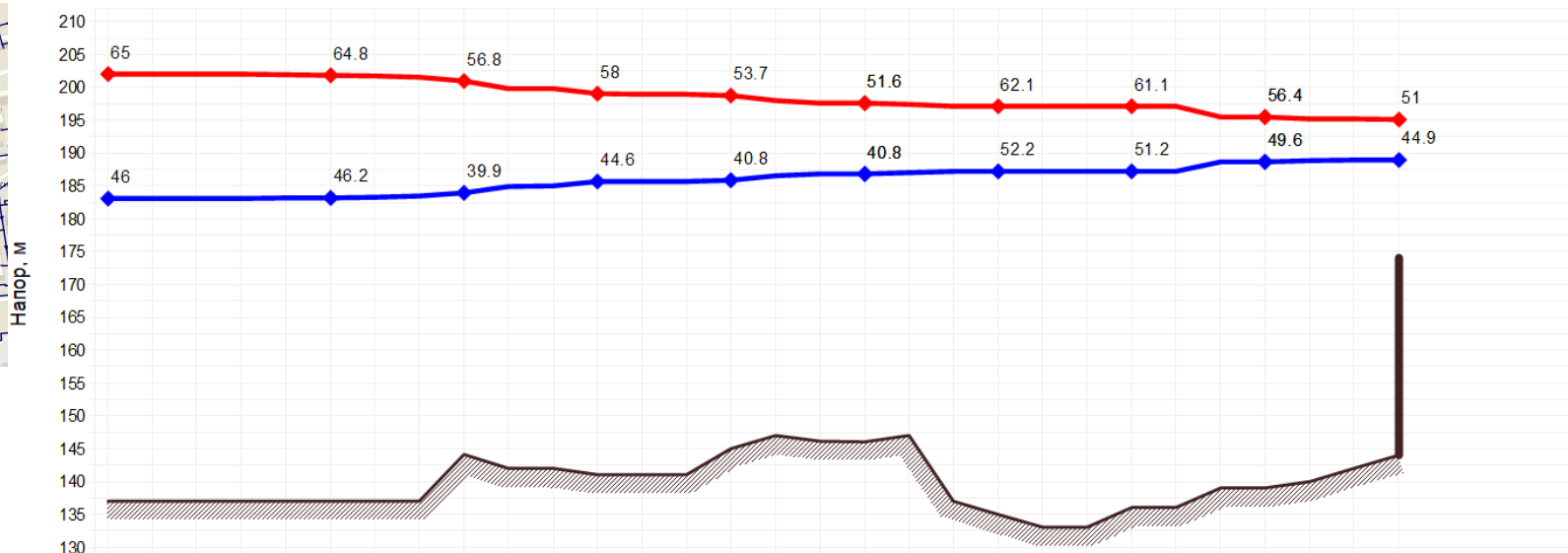
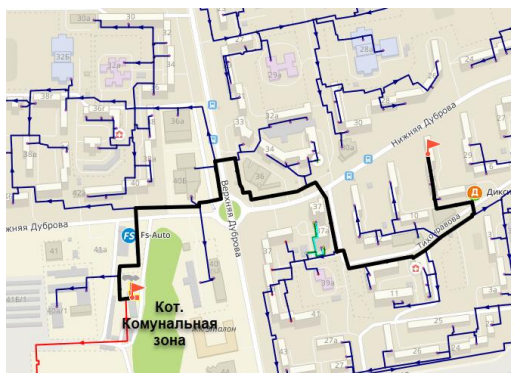
Наименование узла	Котельная 301 квартала*	УТ-4	УТ-5	УТ-77	УТ-79	УТ-69	УТ-23	УТ-24	УТ-25B	УТ-25A	ул. Васиписина, д.10в
Геодезическая высота, м	160	165	169	168	169	166	169	169	165	169	166
Полный напор в обр. тр-де, м	195	196.4	197.2	197.4	198.5	201.1	201.9	202.1	202.4	202.8	202.9
Располагаемый напор, м	34	30.971	29.384	28.967	26.788	21.889	20.431	20.022	19.285	18.454	18.26
Длина участка, м	1	159.5	30	206	100.6	56.8	1	66.4	40.4	1	
Диаметр участка, м		0.309	0.259	0.207	0.15	0.15		0.15	0.1		
Потери напора в под. тр-де, м	0	0.856	0.054	0.078	1.447	0.397	0	0.228	0.24	0	
Потери напора в обр. тр-де, м	0	0.731	0.054	0.082	1.57	0.47	0	0.193	0.201	0	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	0.171	0.898	0.407	0.521	0.781	0.627	0.013	0.439	0.435	0.001	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-0.167	-0.877	-0.436	-0.569	-0.878	-0.727	-0.013	-0.43	-0.426	-0.001	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	0.029	4.88	1.639	3.425	13.08	6.354	0	3.126	5.411	0	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	0.029	4.167	1.647	3.636	14.19	7.523	0	2.641	4.516	0	
Расход в под. тр-де, т/ч	470.31	236.41	75.23	61.59	48.43	38.89	36.04	27.26	12	3.33	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-467.7	-234.95	-81.99	-68.44	-55.39	-45.9	-35.87	-27.13	-11.95	-3.31	

Рисунок 14 – Пьезометрический путь от котельной «301 квартал» до самого отдалённого потребителя (расстояние от котельной составляет 1,35 км)



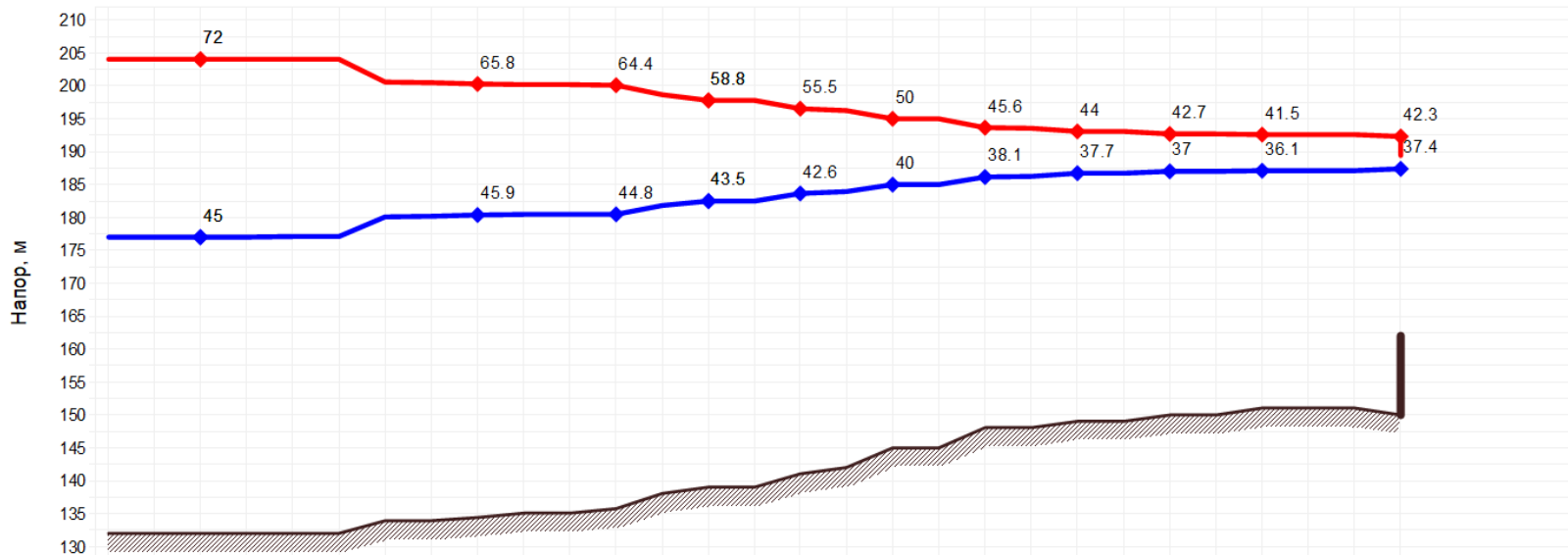
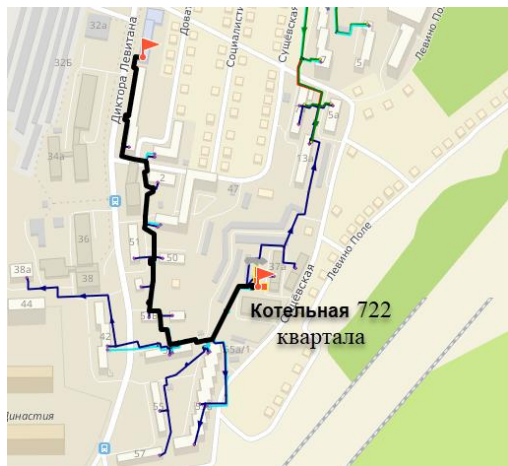
Наименование узла	кот. Юго-Западного района*	УТ-2	УТ-3А	УТ-5	УТ-5А	УТ-24	УТ-29	УТ-27	УТ-28	ул. В. Дуброва, д.1
Геодезическая высота, м	168	169	168	168	168	165	165	164	163	163
Полный напор в обр. тр-де, м	201	201.7	202.7	203.1	203.1	203.4	203.4	203.6	203.7	204
Располагаемый напор, м	25	23.41	21.427	20.423	20.366	19.865	19.776	19.302	19.143	18.42
Длина участка, м	1	99.1	28.7	5	10	10	87	11	1	
Диаметр участка, м		0.309	0.309	0.309	0.207	0.207	0.207	0.15		
Потери напора в под. тр-де, м	0	0.918	0.197	0.031	0.019	0.025	0.085	0.006	0	
Потери напора в обр. тр-де, м	0	0.787	0.169	0.026	0.016	0.022	0.073	0.005	0	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	0.204	1.079	0.928	0.877	0.367	0.367	0.265	0.151	0.003	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-0.199	-1.055	-0.907	-0.857	-0.359	-0.359	-0.259	-0.148	-0.003	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	0.042	8.418	6.225	5.559	1.697	2.278	0.888	0.457	0	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	0.041	7.223	5.347	4.776	1.447	2.011	0.759	0.389	0	
Расход в под. тр-де, т/ч	561.9	283.98	244.19	230.74	43.33	43.32	31.32	9.39	9.38	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-568.88	-282.51	-243	-229.64	-43.12	-43.13	-31.17	-9.34	-9.35	

Рисунок 15 – Пьезометрический путь от котельной «Юго-Западного района» до самого отдалённого потребителя (расстояние от котельной составляет 0,6 км)



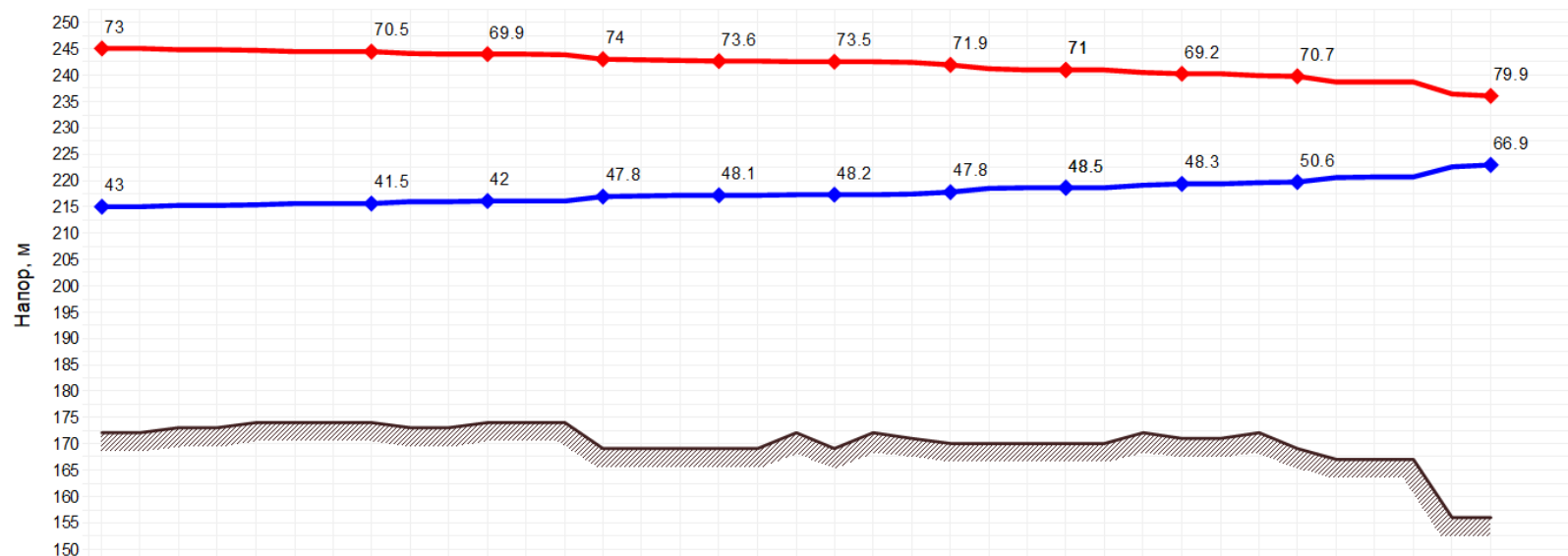
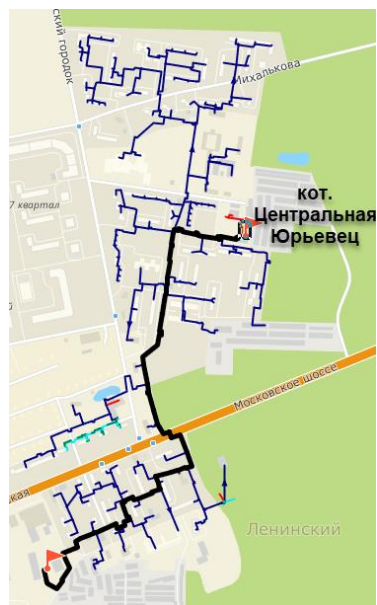
Наименование узла	котельная. Ком.зона*	УТ-1А	УТ-3	УТ-5Б	УТ-31	УТ-37	УТ-35	УТ-3	УТ-9	ул. Н. Дуброва, д. 31
Геодезическая высота, м	137	137	144.07	141	145	146	134.94	136	139	144
Полный напор в обр. тр-де, м	183	183.2	183.9	185.6	185.8	186.8	187.2	187.2	188.6	188.9
Располагаемый напор, м	19	18.673	16.976	13.369	12.919	10.822	9.901	9.88	6.816	6.13
Длина участка, м	1	21.5	115.4	10.5	199.3	79.9	4.4	1	7.5	
Диаметр участка, м		0.359	0.309	0.309	0.259	0.259	0.259		0.082	
Потери напора в под. тр-де, м	0	0.126	1.106	0.085	0.758	0.215	0.005	0	0.26	
Потери напора в обр. тр-де, м	0	0.108	0.943	0.072	0.648	0.18	0.004	0	0.215	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	0.134	1.036	1.201	1.101	0.612	0.497	0.316	0.007	0.812	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-0.131	-1.013	-1.172	-1.075	-0.598	-0.486	-0.309	-0.007	-0.796	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	0.018	5.314	8.713	7.324	3.459	2.45	0.987	0	31.506	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	0.018	4.559	7.429	6.244	2.955	2.05	0.829	0	26.109	
Расход в под. тр-де, т/ч	369.73	368.05	315.99	289.68	113.23	91.99	58.35	20.18	15.06	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-367.76	-366.14	-313.95	-287.76	-112.56	-91.51	-58.08	-20.1	-15.01	

Рисунок 16 – Пьезометрический путь от котельной «Коммунальная зона» до самого отдалённого потребителя (расстояние от котельной составляет 1,18 км)



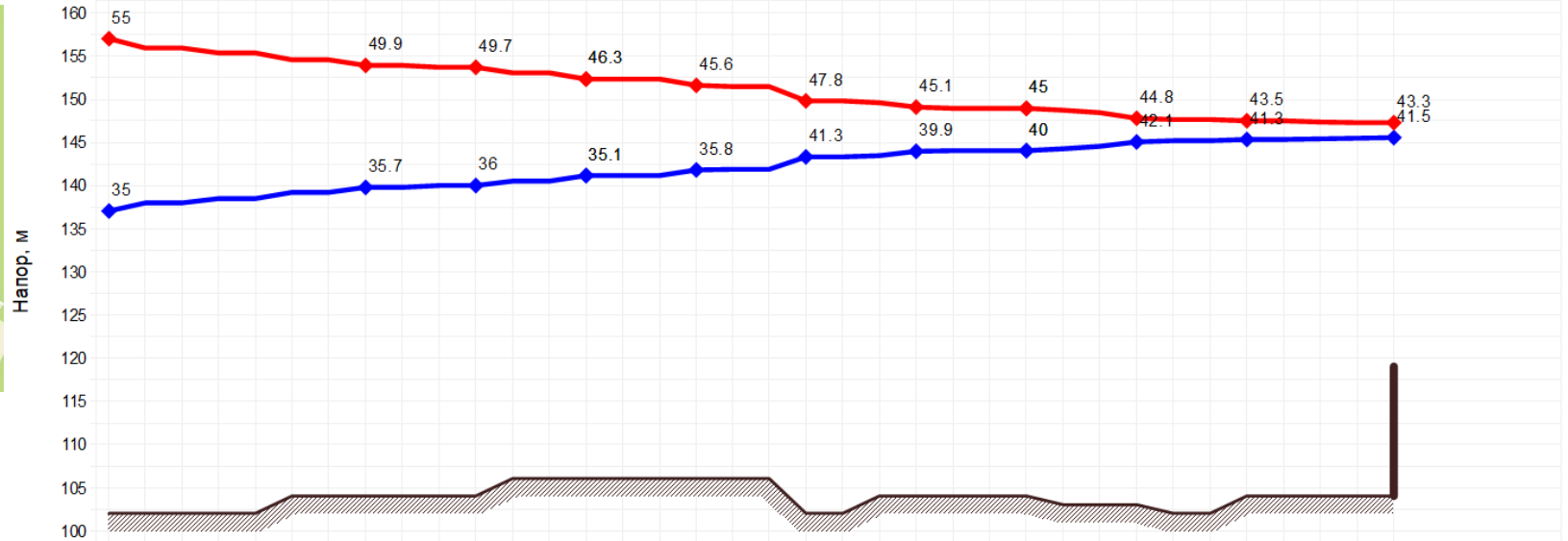
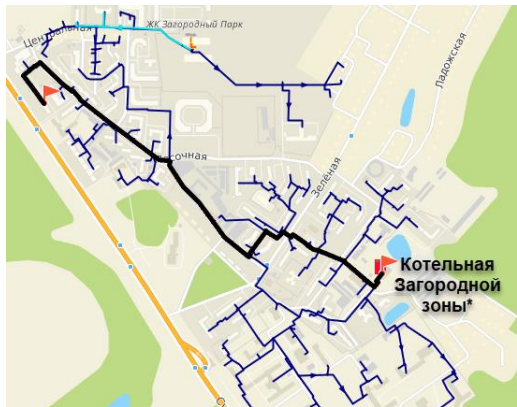
Наименование узла	Котельная 722 квартала	Отоп.	УТ-2А	УТ-2Б	УТ-4	УТ-5	УТ-7	УТ-8А	УТ-9	УТ-22	УТ-23	ул. Д. Левитана, 37а
Геодезическая высота, м	132		134.41	135.69	139	141	145	148	149	150	151	150
Полный напор в обр. тр-де, м	177		180.3	180.5	182.5	183.6	185	186.1	186.7	187	187.1	187.4
Располагаемый напор, м	27		19.867	19.602	15.283	12.823	9.992	7.509	6.352	5.68	5.432	4.882
Длина участка, м	1		10.3	35.8	1	7.4	9.1	16	1	1	3.6	
Диаметр участка, м			0.207	0.15		0.15	0.15	0.15			0.15	
Потери напора в под. тр-де, м	0		0.074	1.481	0	0.279	1.322	0.123	0	0	0.133	
Потери напора в обр. тр-де, м	0		0.064	1.299	0	0.245	1.161	0.108	0	0	0.115	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	0.064		0.898	1.181	0.026	1.127	1.018	0.564	0.012	0.008	0.343	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-0.062		-0.88	-1.158	-0.026	-1.105	-0.998	-0.552	-0.012	-0.008	-0.337	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	0.004		6.553	37.609	0.001	34.272	27.953	8.571	0	0	1.483	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	0.004		5.667	32.997	0.001	30.083	24.542	7.521	0	0	1.282	
Расход в под. тр-де, т/ч	174.99		104.8	72.41	71.34	69.12	62.42	34.56	32.09	21.07	21.07	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-174.42		-104.48	-72.19	-71.13	-68.92	-62.25	-34.45	-31.99	-21.01	-21.01	

Рисунок 17 – Пьезометрический путь от котельной «722 квартала» до самого отдалённого потребителя (расстояние от котельной составляет 0,6 км)



Наименование узла	центр. котельная Юрьевец*	УТ-5	УТ-8	УТ-10	УТ-13	УТ-136	УТ-15	УТ-17	УТ-19	УТ-29
Геодзическая высота, м	172	174	174	169	169	169	170	170	171	169
Полный напор в обр. тр-де, м	215	215.5	216	216.8	217.1	217.2	217.8	218.5	219.3	219.6
Располагаемый напор, м	30	28.92	27.849	26.15	25.495	25.26	24.108	22.427	20.908	20.091
Длина участка, м	1	134	1	47	1	50	78.7	22.5	1	98.2
Диаметр участка, м		0.309		0.259		0.259	0.15	0.15		0.1
Потери напора в под. тр-де, м	0	0.429	0	0.17	0	0.061	0.749	0.083	0	1.06
Потери напора в обр. тр-де, м	0	0.379	0	0.15	0	0.054	0.631	0.072	0	0.909
Скорость воды в под. тр-де, м/с	0.145	0.511	0.034	0.502	0.025	0.373	0.829	0.649	0.009	0.67
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-0.142	-0.498	-0.033	-0.49	-0.024	-0.364	-0.81	-0.635	-0.008	-0.658
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	0.021	2.482	0.001	3.083	0.001	1.701	13.618	5.325	0	9.811
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	0.021	2.193	0.001	2.72	0.001	1.504	11.468	4.58	0	8.419
Расход в под. тр-де, т/ч	400.62	134.52	93.96	92.84	68.97	68.95	51.4	40.26	23.5	18.47
Расход в обр. тр-де, т/ч	-398.12	-133.45	-93.22	-92.19	-68.52	-68.53	-51.13	-40.05	-23.42	-18.44

Рисунок 18 – Пьезометрический путь от котельной «Центральная Юрьевец» до самого отдалённого потребителя (расстояние от котельной составляет 1,78 км)



Наименование узла	Котельная Загородной зоны*	УТ-23Д	УТ-24	УТ-26	УТ-26А	УТ-29	УТ-31	УТ-32	УТ-34	УТ-36	ул. Судогш.(Заг.),1
Геодезическая высота, м	102	104	104	106	106	102	104	104	103	104	104
Полный напор в обр. тр-де, м	137	139.7	140	141.1	141.8	143.3	143.9	144	145.1	145.3	145.5
Располагаемый напор, м	20	14.186	13.709	11.219	9.797	6.527	5.124	4.915	2.706	2.174	1.74
Длина участка, м	43	13.4	35	1	24.9	1	98	87	17	1	
Диаметр участка, м	0.309	0.259	0.207		0.207		0.207	0.15	0.1		
Потери напора в под. тр-де, м	1.058	0.052	0.628	0	0.134	0	0.111	0.207	0.139	0	
Потери напора в обр. тр-де, м	0.937	0.045	0.518	0	0.113	0	0.098	0.18	0.12	0	
Скорость воды в под. тр-де, м/с	1.535	0.762	1.098	0.032	0.686	0.023	0.247	0.281	0.383	0.003	
Скорость воды в обр. тр-де, м/с	-1.499	-0.743	-1.07	-0.031	-0.668	-0.022	-0.241	-0.275	-0.374	-0.003	
Удельные линейные потери в под. тр-де, мм/м	22.377	3.56	16.322	0.002	4.885	0.001	1.032	2.158	7.409	0	
Удельные линейные потери в обр. тр-де, мм/м	19.803	3.073	13.458	0.002	4.114	0.001	0.908	1.885	6.395	0	
Расход в под. тр-де, т/ч	404.07	140.94	129.67	88.92	81	62.19	29.15	17.45	10.55	8.41	
Расход в обр. тр-де, т/ч	-401.37	-139.79	-128.6	-88.09	-80.26	-61.73	-28.96	-17.33	-10.49	-8.36	

Рисунок 19 – Пьезометрический путь от котельной «Загородной зоны» до самого отдалённого потребителя (расстояние от котельной составляет 1,5 км)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ (с учетом ФЗ 30.12.2021 № 438-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О теплоснабжении») «О теплоснабжении»
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.02.2012 № 154 (в ред. Постановления Правительства РФ от 16.03.2019 г. №276) «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения»
3. Постановление Правительства РФ от 08.08.2012 N 808 (ред. от 25.11.2021) «Об организации теплоснабжения в Российской Федерации и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»
4. «Методические указания по разработке схем теплоснабжения». Утверждены приказом Минэнерго России и Минрегиона России от 05.03.2019 г. № 212
5. Приказ Минрегиона РФ от 28.12.2009 N 610 «Об утверждении правил установления и изменения (пересмотра) тепловых нагрузок»
6. Приказ Минстроя России от 17.03.2014 N 99/пр «Об утверждении Методики осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя» (Зарегистрировано в Минюсте России 12.09.2014 N 34040)
7. Приказ Минэнерго России от 24.03.2003 № 115 «Об утверждении Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок»
8. СП 124.13330.2012 «Тепловые сети». Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. Минрегион России, 2012 г. (с Изменением № 2 от 27.12.2021 № 1021-пр.)
9. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. Минстрой России, 2015 г.
10. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения, Апарцев М.М., Москва, «Энергоатомиздат», 1983 г.
11. Справочник строителя тепловых сетей, С. Е. Захаренко, Ю. С. Захаренко, И. С. Никольский, М. А. Пищиков; Под общ. ред. С. Е. Захаренко. - 2-е изд., перераб. -М.: Энергоатомиздат, 1984 г.
12. Выбор оптимальной схемы энергоснабжения промышленного района: Методические указания / В.В. Бологова, А.Г. Зубкова, О.А. Лыкова, И.В. Мастерова. – М.: Издательство МЭИ, 2006 г.
13. Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов, ОАО «Газпром промгаз», Москва, 2013 г.

Приложение 1.
Данные по калибровке электронной модели.

Т а б л и ц а 2 – Результаты калибровки электронной модели системы теплоснабжения на актуализируемый период

Источник тепловой энергии, магистральный вывод	Параметры гидравлических режимов работы								Погрешность м/д расходом, полученным в эл. модели, и фактическим расходом теплоносителя в трубопроводе (%)				
	По данным фактического режима работы в отопительный период 2019/2020 гг.				По результатам выполненной калибровки электронной модели системы теплоснабжения								
	G1	G2	P1	P2	G1	G2	P1	P2	G1	G2	P1	P2	
	м ³ /ч	м ³ /ч	м вод. ст.	м вод. ст.	м ³ /ч	м ³ /ч	м вод. ст.	м вод. ст.	м ³ /ч	м ³ /ч	м вод. ст.	м вод. ст.	
филиал «Владимирский» ПАО «Т Плюс», Т _{нв} =-9,0 °С, Т ₁ =79,4 °С													
ТЭЦ-2	I Очередь	2800	2530	111,0	35,0	3000	2870	111,0	35,0	-7,1	-13,4	0,0	0,0
	II Очередь	3200	3170	111,0	36,0	3670	3740	111,0	35,0	-14,7	-18,0	0,0	2,8
	III Очередь	3228	3150	111,2	35,0	3660	3700	111,0	35,0	-13,4	-17,5	0,2	0,0
	Северо-Восточный	1220	1050	111,4	35,0	1170	1100	111,0	35,0	4,1	-4,8	0,4	0,0
Котельные АО «ВКС», Т _{нв} =-28 °С, Т ₁ =105/110 °С													
Микрорайон 9В	265	264	57	37	270	269	57,0	37,0	-1,9	-1,9	0,0	0,0	
301 квартал	453	450	69	34	502	500	69,0	34,0	-10,8	-11,1	0,0	0,0	
Юго-Западного района	358	355	60	32	360	358	60,0	32,0	-0,6	-0,8	0,0	0,0	
Коммунальная зона	328	325	65	46	309	307	65,0	46,0	5,8	5,5	0,0	0,0	
722 квартала	179	178	72	46	168	166	72,0	45,0	6,1	6,7	0,0	2,2	
Оргтруд 1	-	-	39	26	187	186	40,0	25,0	-	-	-2,6	3,8	
Оргтруд 2	127	126	40	23	126	125	41,0	25,0	0,8	0,8	-2,5	-8,7	
125 кв.	19,2	19	52	21	-	-	50,0	20,0	-	-	3,8	4,8	
ХОЗО УВД	167	165	49	36	126	125	49,0	34,0	24,6	24,2	0,0	5,6	

Т а б л и ц а 3 – Данные по калибровке модели в контрольных точках от источника тепловой энергии ТЭЦ-2

Наименование ЦТП, ТП (контрольная точка)	Параметры гидравлических режимов работы				Погрешность м/д расходом, полученным в эл. модели, (%)	
	По данным фактического режима работы в отопительный период 2019/2020 гг.		По результатам выполненной калибровки электронной модели системы теплоснабжения			
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	%	%
1-я Пионерская 28 (тк.249а/1)	130,00	70,00	128,23	59,68	1,4	14,7
Асаткина 36 (т.420/1)	68,00	44,00	57,18	30,85	15,9	29,9
Безыменского 1Г (тк.189а/СВ)	70,00	44,00	64,18	36,87	8,3	16,2
Безыменского 5 (тк.189прям/СВ)	70,00	40,00	63,21	35,75	9,7	10,6
Большая Нижегородская 98 (т.23/2)	115,00	48,00	113,90	35,58	1,0	25,9
Василисина 12б (тк.17/ЮЗ)	67,00	49,00	57,81	35,58	13,7	27,4
Егорова 10Б (тк.6А/В)	66,00	51,00	61,41	45,93	7,0	9,9
Комиссарова 10/13 (тк.192/СВ)	70,00	42,00	64,90	38,80	7,3	7,6
Комиссарова 1Г (тк.191л/СВ)	72,00	46,00	66,68	40,24	7,4	12,5
Красноармейская 31 (тк.112/2)	74,00	38,00	66,41	29,74	10,3	21,7
Ленина пр-кт, д. 32 (тк.3/ЮЗ)	66,00	39,00	58,02	31,44	12,1	19,4
Лермонтова 30 (тк.281п/Пз)	95,00	51,00	86,92	41,86	8,5	17,9
Луначарского 28А (т.289/3)	94,00	47,00	90,99	30,16	3,2	35,8
Луначарского 35 (т.238/3)	99,00	47,00	97,46	34,49	1,6	26,6
Молодежная ул, д. 5 (т.514/1)	43,00	26,00	44,15	24,35	-2,7	6,3
Нижняя Дуброва 20 (тк.27п/ЮЗ) - УУТЭ тк.27п/ЮЗ	81,00	64,00	73,57	55,58	9,2	13,2
Нижняя Дуброва 21 (тк.28/ЮЗ)	96,00	81,00	86,30	69,37	10,1	14,4
Ново-Ямская 27 (тк.8п/ЮЗ)	70,00	47,00	61,78	36,22	11,7	22,9
Октябрьский пр-кт, д. 36 (тк.670/Оп)	94,00	53,00	83,24	46,24	11,5	12,8
Октябрьский пр-кт, д. 9 (тк.686п/Оп)	106,00	66,00	93,61	53,61	11,7	18,8
Перекопский военный городок, д. 7 (тк.б/ВГ)	78,00	44,00	70,17	30,10	10,0	31,6
Северная 63 (т.370/1)	65,00	41,00	62,90	35,19	3,2	14,2
Стрелецкая 42 (тк.94/2)	87,00	54,00	82,30	31,87	5,4	41,0
Строителей пр-кт, д. 28 (т.540/1)	52,00	31,00	52,22	30,72	-0,4	0,9
Суздальский пр-кт, д. 13а (тк.197/СВ)	65,00	39,00	58,75	32,96	9,6	15,5
Суздальский пр-кт, д. 22 (тк.55п/В)	63,00	43,00	57,96	33,86	8,0	21,2
Суздальский пр-кт, д. 8 (т.48/В)	64,00	38,00	58,94	29,80	7,9	21,6
Тракторная 52А (тк.507л/1)	49,00	22,00	49,24	26,84	-0,5	-22,0

Наименование ЦТП, ТП (контрольная точка)	Параметры гидравлических режимов работы				Погрешность м/д расходом, полученным в эл. модели, (%)	
	По данным фактического режима работы в отопительный период 2019/2020 гг.		По результатам выполненной калибровки электронной модели системы теплоснабжения			
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	%	%
Усти-на-Лабе 4 (т.194/3)	106,00	50,00	99,39	33,67	6,2	32,7
Фейгина 16 (тк.255л/1)	107,00	58,00	103,00	43,29	3,7	25,4
Чайковского ул, д. 25Г (ПНС-556)	65,00	46,00	57,57	38,61	11,4	16,1
Чайковского 48 (тк.554л/1)	66,00	47,00	56,56	37,62	14,3	20,0
Чапаева 3 (тк.14/ЮЗ)	62,00	40,00	54,74	31,59	11,7	21,0
Юбилейная 60А (тк.3а/В)	68,00	48,00	62,98	42,31	7,4	11,9