

Разработка программного обучающего тренажера для имитации работы системы централизованного теплоснабжения

Л.В. Плотникова¹, А.М. Байнов¹, Э.И. Никонова², С.Ю. Ситников¹

¹Казанский государственный энергетический университет

²Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Приводятся результаты разработки программного комплекса, позволяющего обучать персонал работе в системе централизованного теплоснабжения, для обеспечения надежного процесса транспортировки энергии в тепловых сетях. Обоснован выбор программных средств; описываемый в статье программный комплекс был реализован средствами Ecostruxure Geo Scada Expert для создания Scada-системы и при помощи Termis – многофункциональной платформы моделирования сетей теплоснабжения, которая позволяет оптимизировать их проектирование и эксплуатацию. Описан алгоритм разработки мнемосхем внутриквартальных и магистральных тепловых сетей с использованием платформы Termis. Программный тренажер позволяет сократить количество аварийных ситуаций в системе централизованного теплоснабжения благодаря имитации процесса транспортировки тепловой энергии. Во время имитационной работы тренажера, осуществляемой с использованием существующих параметров функционирования тепловой сети, сотрудник может выявить аварийную ситуацию ранее, чем она произойдет на реальном оборудовании.

Ключевые слова: обучающий тренажер, программное обеспечение, централизованное теплоснабжение, тепловые сети, SCADA-система, платформа Termis, модель, температура, авария.

Введение

Тенденции нынешнего этапа цифровой трансформации предприятий топливно-энергетического комплекса предполагают оптимизацию производственных процессов, в частности, с применением процесса моделирования аварийных ситуаций при работе энергетического оборудования [1]. Процесс теплоснабжения жилых районов и предприятий требует тщательной проработки параметров работы тепловой сети. Важно контролировать технологический процесс, не допускать потерь тепловой мощности, при этом важно обеспечить работоспособность оборудования при минимальных рисках аварийных ситуаций [2].

Современные системы теплоснабжения нуждаются в моделировании различных сценариев работы, что поможет обеспечить более надежный процесс теплоснабжения и, как следствие, сокращение тепловых потерь [3-5].

Цель работы заключается в создании программного тренажера, который позволит создавать имитационную модель системы централизованного теплоснабжения (СЦТ), моделировать различные режимы работы с варьированием параметров тепловой сети, а также обучать персонал работе в СЦТ. Программный тренажер будет отражать аварийные ситуации и параметры работы оборудования при таких ситуациях. Следовательно, персонал сможет не допустить возникновения нештатной ситуации, корректируя параметры работы сети и тем самым минимизируя риски появления аварий на реальном оборудовании.

Требования к разработке программного комплекса для имитации работы системы централизованного теплоснабжения

Разработка системы-тренажера осуществлялась для ЦСТ города Екатеринбург. Используются средства Ecostruxure Geo Scada Expert для создания Scada-системы и при помощи клиента Termis – многофункциональной платформы моделирования сетей теплоснабжения, которая позволяет оптимизировать их проектирование и эксплуатацию.

Тренажер представляет собой программно-технический комплекс, состоящий из теплогидравлической математической модели режимов работы СЦТ, программного и информационного обеспечения для настройки режимов функционирования тренажера и оценки действий персонала инструктором по итогам работы на тренажере [6].

Требования к функциональности тренажера:

- обучение персонала диспетчеров тепловых сетей действиям при проведении плановых, аварийных переключений в СЦТ;
 - моделирование любого типа аварии, предусмотренного инструкцией по эксплуатации СЦТ, с имитацией и отслеживанием параметров в режиме реального времени;
 - имитация повреждения трубопровода в любом месте СЦТ с заданием
-

расхода истечения теплоносителя из повреждения;

- возможность ручного ввода исходной температуры наружного воздуха, исходных параметров на узлах СЦТ и состояния арматуры для проведения экзаменов и тренировок диспетчеров с имитацией реальной обстановки и отражением в электронном виде на экране тренажера.

Тренажер должен иметь систему для автоматического сбора, хранения и вывода информации, относящейся к работе оператора во время обучения на тренажере. Информация должна включать все действия оператора и действия инструктора, влияющие на имитируемый процесс, значения основных и выбранных инструктором моделируемых параметров должны выводиться на графики.

Тренажер должен работать в реальном масштабе времени и допускать возможность начала работы с любого заданного режима, возврата в исходное состояние данного режима, остановки и дальнейшего продолжения этого процесса с этого же момента.

Алгоритм работы программного комплекса для имитации работы системы централизованного теплоснабжения

Для сбора данных об энергопотреблении и температуре наружного воздуха за определенный период времени использовано автономное приложение Demand Analysis (Анализ спроса потребителей) [7].

Результат анализа спроса представляет собой набор коэффициентов регрессии, которые охватывают расчетный спрос в зависимости от типа дня, времени суток и расчетной или измеренной температуры наружного воздуха.

Выходные данные могут быть экспортированы и импортированы в Termis Operation. Анализ спроса потребителей использует следующие данные:

- контрольная (эталонная) температура, определяющая температурный предел, при превышении которого отопление помещения обычно

прекращается;

- измеренные среднечасовые значения мощности, подаваемой в район;
- измеренные среднечасовые значения температуры наружного воздуха для поставляемой области.

На Рис. 1 показано, как данные из базы данных Data Manager отправляются в Анализ спроса и, через таблицу, далее в Termis Operation.



Рис. 1 - Обработка входных данных

Termis Operation позволяет осуществлять импорт данных SCADA с помощью встроенной функции диспетчера данных и поддерживаемых служб данных.

Входящая информация, а именно данные измерений, передаются из SCADA в программное обеспечение. Данные измерений, поступающие из системы SCADA или другого внешнего источника данных, можно хранить в базе данных SQL (Data Manager DB).

Исходящая информация - данные измерений передаются по запросу. Исходящая связь представляет собой сценарий, в котором устанавливается связь для передачи данных из программного обеспечения на назначенный клиент или сервер. Передача данных позволяет, например, передавать данные обратно в Scada через сервер DMOPC или на сервер тонкого клиента через URL-адрес [8]. На Рис. 2 показаны сценарии связи для потока данных.

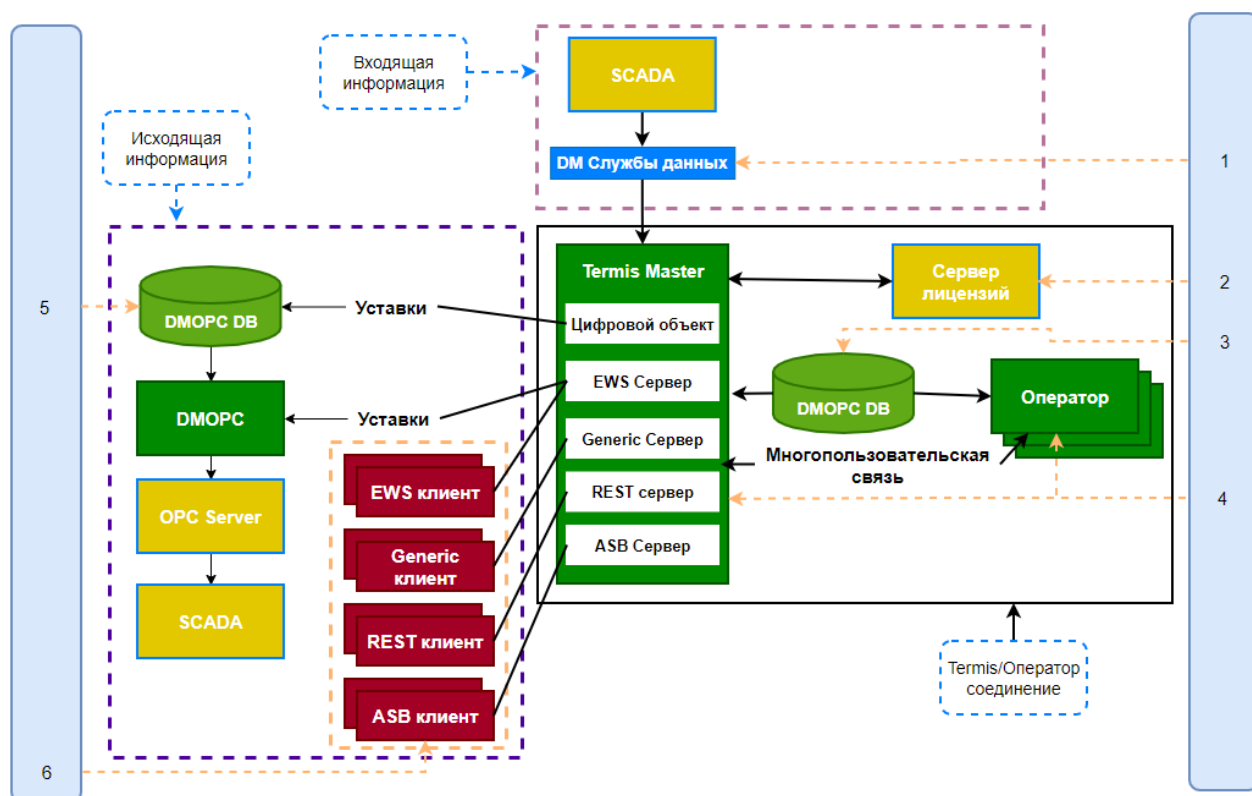


Рис. 2 - Сценарии связи для потока данных: 1 – передача данных из служб данных в Termis через веб-службы; 2 - подключение к приложению License Server Manager; 3 - встроенный диспетчер данных; 4 - многопользовательская среда для хранения данные в виде файлов на общем жестком диске; 5 - подключение к базе данных; 6 - поддерживаемые клиенты

Моделирование системы централизованного теплоснабжения с использованием разработанного тренажера

Для создания модели необходимо выполнить следующие действия: определить области действия модели (географическую протяженность сети) и добавить слой модели; создать объекты (узлы, трубопроводы, установки); определить необходимые единицы измерения; создать сценарий; настроить объекты; добавить слоя потребителя; запустить симуляцию.

Модель содержит основные объекты сетевой системы, такие, как узлы, трубопроводы, установки. Все числовые значения (атрибуты) связаны с

этими объектами. В пользовательском интерфейсе Termis узел представлен кругом, а канал представлен линией, соединяющей два узла. Каждый потребитель должен быть подключен к трубе в сети. В общем случае присоединение выполняется к трубе, ближайшей к точке обслуживания, и проекция точки обслуживания на присоединенной трубе указывается как точка подключения к потребителю. Расход теплоэнергии от потребителя включается в расход для узла, расположенного ближе всего к точке трубопровода для принадлежности потребителя.

Исследованы принципы работы оптимизации по температуре тепловых сетей. Termis поддерживает оптимизацию температуры. Целью оптимизации температуры является минимизация общих затрат на производство и распределение в течение определенного периода времени в системе централизованного теплоснабжения за счет снижения среднего уровня температуры в системе.

На Рис.3 представлен процесс работы тренажёра в режиме симуляции и моделирования для тепловых сетей города Екатеринбург. Внутриквартальные сети включают в себя котельные, узлы коммерческого учета тепла (УКУТ) и центральные тепловые пункты (ЦТП). Магистральные сети города Екатеринбург включают в себя 14 насосных станций, 3 сети котельных, 5 тепловых электростанций и одну гидроэлектростанцию. Также можно выбрать любой объект тепловой сети в качестве симуляции и применить изменение величин технического процесса только на выбранном участке.

Разработанная SCADA-система состоит из следующих основных элементов: «Окно авторизации», «Главная страница управления», «Магистральные сети», «Внутриквартальные сети», «АРМ диспетчера», мнемосхемы объектов СЦТ, графики и аварийные события (Рис. 4).



Рис. 3 – Симуляция с выбором параметра и объекта моделирования

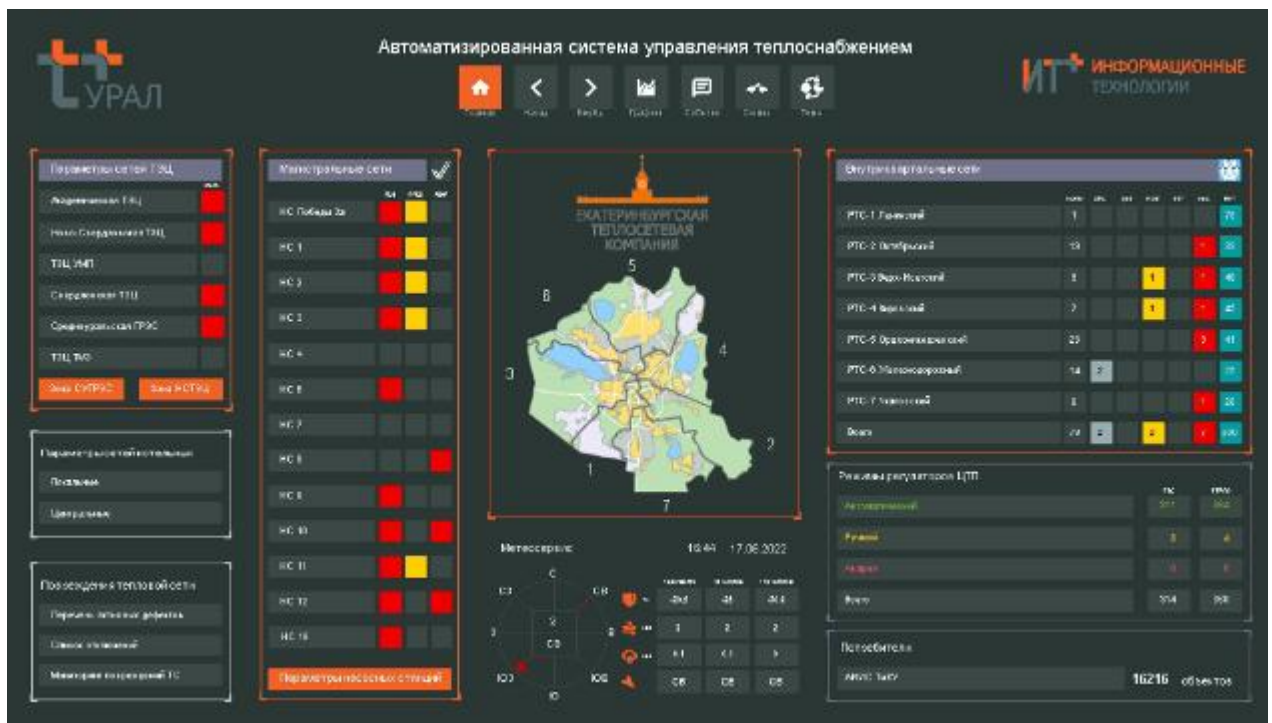


Рис. 4 – Главная страница Scada-системы

Во время работы с тепловыми сетями важно быстро реагировать на нештатные ситуации и принимать управленческие решения [9-10]. Для

облегчения этой задачи была создана интерактивная карта города Екатеринбург. Карта включает в себя все объекты системы централизованного теплоснабжения города Екатеринбург: котельные, центральные тепловые пункты, узлы коммерческого учета тепла, насосные станции, тепловые электростанции и гидроэлектростанции (Рис. 5).



Рис. 5 – Интерактивная карта города Екатеринбург

Процесс теплоснабжения требует тщательной проработки и расчёта, необходимо учитывать все технические параметры при распределении энергии. Важно контролировать технологический процесс, не допускать потери мощности и энергии, при этом также важно обеспечить работоспособность оборудования при минимальных рисках аварийных ситуаций. Потому для управления технологическим процессом было создано автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера (Рис. 6).

Выводы

Конечный программный продукт представляет из себя программный комплекс, который включает в себя SCADA-систему и клиента Termas для моделирования и симуляции работы системы централизованного теплоснабжения.

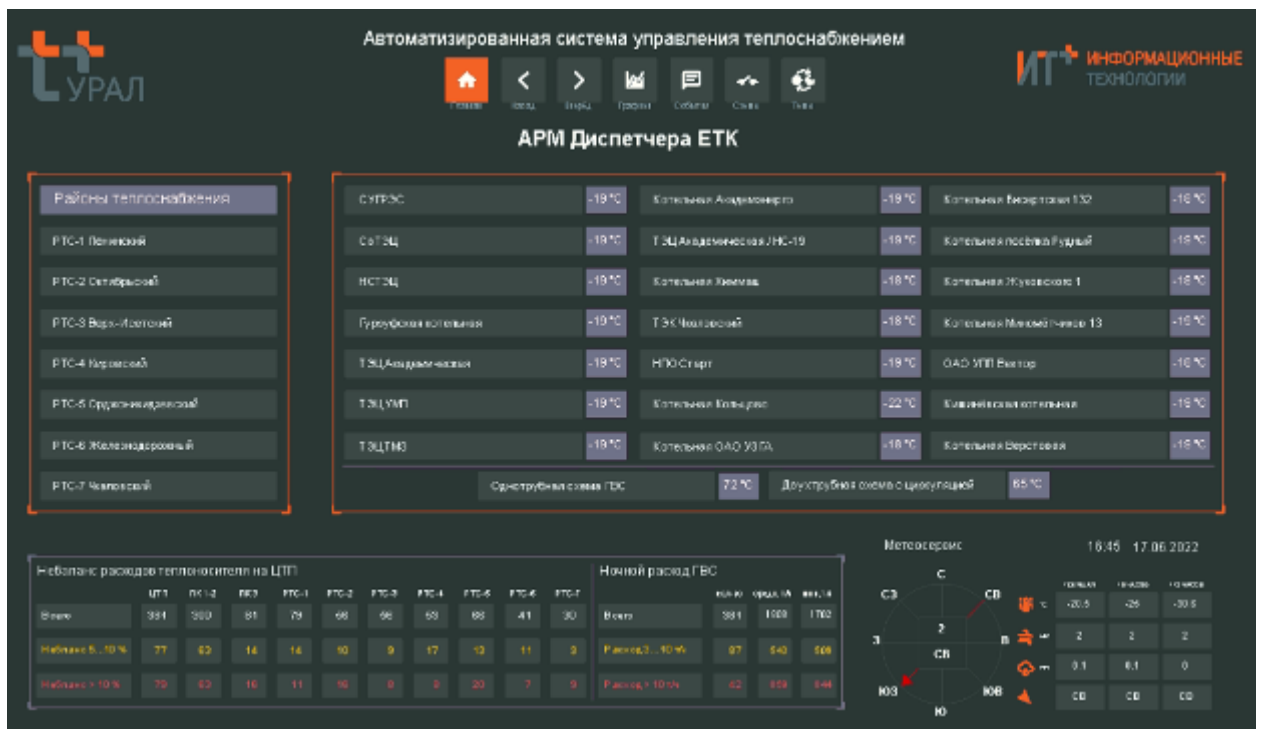


Рис. 6 – Окно управления диспетчера АРМ

Разработанный программный тренажёр-симулятор позволяет осуществлять:

- имитацию нормальных, переходных и аварийных режимов работы СЦТ г. Екатеринбурга;
- первичное обучение, поддержание и повышение квалификации оперативного персонала, включая выработку навыков безопасного управления оборудованием в сложных нестационарных режимах;
- моделирование любого типа аварии, предусмотренного инструкцией по эксплуатации СЦТ, с имитацией и отслеживанием параметров в режиме реального времени.
- имитацию повреждения трубопровода в любом месте СЦТ с заданием расхода истечения теплоносителя из повреждения.

Благодаря оптимизации по температуре уменьшаются потери тепловой энергии в тепловых сетях. Программный комплекс позволяет экономить 3%

от стоимости энергии системы централизованного теплоснабжения города Екатеринбург.

Литература

1. Стасева Е.В., Федина Е.В. Системный подход к мониторингу технического состояния зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2172.
2. Черезов А.В, Грабчак Е.П. Зарубежный опыт нормативно-правового регулирования обеспечения надежности в электроэнергетике // Надежность и безопасность энергетики. 2016. № 2 (33). С. 2-8.
3. Malahov A.O., Zagretdinov A.R., Ziganshin Sh.G., Vankov Yu.V. Application of the rescaled range analysis for vibro-acoustic imbalance control of rotary equipment // Journal of Physics: Conference Series. 2019. № 1. p. 1328.
4. Shvetsov I.V., Vankov Yu.V., Zagretdinov A.R. Control of rotary equipment unbalance with using statistical criteria comparison of vibration spectrum // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 441. № 1. p. 012051.
5. Горбунова Т.Г., Ваньков Ю.В., Политова Т.О. Расчет и оценка показателей надежности при проектировании тепловых сетей // Инженерный вестник Дона. 2014. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2228.
6. Вологдин С.В. Система математических моделей по снижению дисбаланса системы централизованного теплоснабжения // Современное состояние естественных и технических наук. 2012. С. 47-52.
7. Абдулханова М.Ю., Сердюков Е.В., Вякин Д.С. Автоматизация разработки SCADA-систем // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 9-1 (65). С. 18-30.
8. Генин В.С., Васильева Л.Н., Иванова Н.Н., Артыкаева Э.М., Дмитриева Т.В. Автоматизация контроля работы станка-качалки нефти с



использованием SCADA-системы TRACE MODE // Вестник Чувашского университета. 2022. № 1. С. 53-64.

9. Гаврилюк Е.А., Манцеров С.А, Панов А.Ю. Прогнозирование отказов систем автоматического управления газоперекачивающими агрегатами на основе индекса технического состояния и степени риска // Фундаментальные исследования. 2015. № 7-2. С. 309-313.

10. Мищеряков С.В. Цифровая оценка надежности производственной системы субъектов энергетики // Надежность и безопасность энергетики. 2018. Т. 11. № 2. С. 109-116.

References

1. Staseva E.V., Fedina E.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2172.

2. Cherezov A.V, Grabchak E.P. Nadezhnost' i bezopasnost' jenergetiki. 2016. № 2 (33). pp. 2-8.

3. Malahov A.O., Zagretdinov A.R., Ziganshin Sh.G., Vankov Yu.V. Journal of Physics: Conference Series. 2019. № 1. p. 1328.

4. Shvetsov I.V., Vankov Yu.V., Zagretdinov A.R. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 441. № 1. p. 012051.

5. Gorbunova T.G., Van'kov Ju.V., Politova T.O. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2228.

6. Vologdin S.V. Sovremennoe sostoyanie estestvennyh i tekhnicheskikh nauk. 2012. pp. 47-52.

7. Abdulhanova M.YU., Serdyukov E.V., Vyakin D.S. Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. 2020. № 9-1 (65). pp. 18-30.

8. Genin V.S., Vasil'eva L.N., Ivanova N.N., Artykaeva E.M., Dmitrieva T.V. Vestnik CHuvashskogo universiteta. 2022. № 1. pp. 53-64.

9. Gavriljuk E.A., Mancеров S.A, Panov A. Ju. Fundamental'nye issledovaniya. 2015. № 7-2. pp. 309-313.



10. Mishherjakov S.V. Nadezhnost' i bezopasnost' jenergetiki. 2018. V. 11. № 2. pp. 109-116.