



Электронное моделирование

аварийных ситуаций в системах теплоснабжения

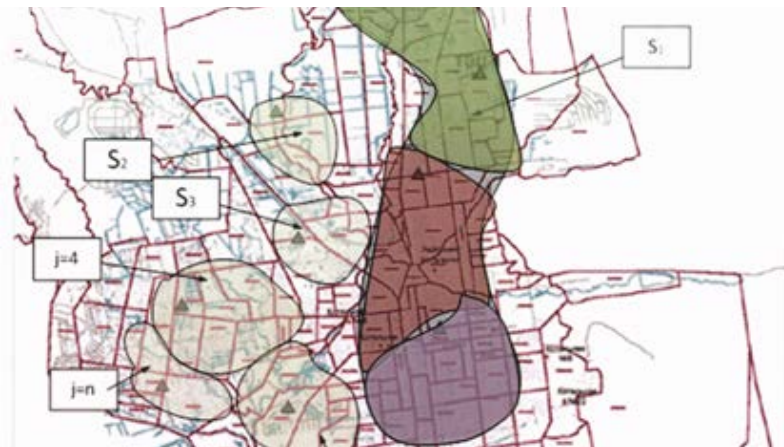


Александр МАТВИЕВСКИЙ,
инженер



Андрей ЛЫСОВ,
исполнительный руководитель
Комитета по энергетике РЦДП

В последние годы требования к обеспечению надежности и безопасности теплоснабжения существенно ужесточились. Наряду с традиционными элементами – ремонтными программами, технической диагностикой, подготовкой персонала – в нормативном поле появилось понятие электронного моделирования аварийных ситуаций и электронной модели системы теплоснабжения.



Федеральный законодатель и Правительство РФ фактически зафиксировали простую мысль – нельзя управлять сложной разветвленной системой теплоснабжения «по бумажной схеме», опираясь только на инженерный опыт и интуицию.

Необходимы инструменты, которые позволяют рассчитывать последствия отказа источников и участков сетей, оценивать зоны отключения и уровни температур в помещениях при авариях, принимать обоснованные решения по мероприятиям и инвестпрограммам.

Нормативная рамка: что именно требуют закон и подзаконные акты

От схем теплоснабжения к электронным моделям

Базой являются:

- Федеральный закон от 27 июля 2010 года № 190-ФЗ «О теплоснабжении» – задает требования к схемам теплоснабжения, надежности и безопасности;

- постановление Правительства РФ от 22 февраля 2012 года № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения» (в изменениями и дополнениями от 18 марта 2025 года) – устанавливает порядок разработки и актуализации схем теплоснабжения, а также требования к их содержанию.

Среди прочего нормативно закреплены:

- необходимость расчета режимов работы систем теплоснабжения, в том числе в аварийных и послеаварийных ситуациях;
- требование обоснования мероприятий по повышению надежности и энергоэффективности;
- переход от «плоских» схем к электронным моделям, позволяющим про-

водить расчеты, а не просто визуализировать трассировку сетей.

Практически это означает, что схема теплоснабжения в современном понимании – не только текст и чертежи, но и набор расчетных моделей, которые дают возможность анализировать работу системы в различных режимах, оценивать последствия отказов, рассчитывать потери, температуры, давления и нагрузки.

Связь с оценкой готовности к отопительному периоду

Приказ Минэнерго России от 13 ноября 2024 года № 2234 (ред. от 21 августа 2025 года) «Об утверждении Правил обеспечения готовности к отопительному периоду и Порядка проведения оценки обеспечения готовности к отопительному периоду» и сопутствующие документы прямо или косвенно опираются на идею: готовность – это не только наличие топлива, ремонтов и документов, но еще и устойчивость режима при отказах и возможных авариях. Отсюда логика: электронная модель и результаты электронного моделирования аварийных ситуаций должны стать одним из элементов доказательной базы при признании системы «готовой».

Зачем надзору и муниципалитетам нужна электронная модель

Для надзорных органов и органов местного самоуправления электронная модель – это:

- инструмент объективной оценки рисков отключения потребителей;
- средство проверки обоснованности решений (где строить новые котельные и сети, какие участки реконструировать в первую очередь);

Результаты электронного моделирования аварийных ситуаций должны стать одним из элементов доказательной базы при признании системы теплоснабжения «готовой» к отопительному периоду



- база для анализов аварий и инцидентов (что произошло, почему именно так «посыпалась» система, можно ли было ограничиться меньшими отключениями).

Без электронной модели все это превращается в набор экспертных мнений, часто противоречащих друг другу.

Что такое электронная модель системы теплоснабжения на практике

Важно сразу снять несколько типичных заблуждений.

Это не просто «картинка» в ГИС

Электронная модель – не только геоинформационный слой с трассами труб и точками потребителей.

Полноценная модель включает:

- 1) структурную модель:
 - источники теплоты (котельные, ТЭС, ЦТП);
 - магистральные и распределительные сети;
 - тепловые пункты;
 - присоединенные нагрузки (жилые дома, соцобъекты, промышленность);
- 2) гидравлическую модель:
 - диаметры и длины труб, шероховатость;
 - насосы, регулирующие устройства, задвижки и их характеристики;
 - расчет давлений и расходов в различных режимах;
- 3) тепловую модель:
 - расчет температур теплоносителя по длине трассы;
 - учет тепловых потерь;
 - расчет температур внутреннего воздуха в помещениях при авариях и изменении наружной температуры;
- 4) модуль отказов и аварий:
 - имитация отключения источников и участков сетей;
 - моделирование отказа запорной арматуры (задвижки «не закрылись» или «не открылись»);
 - сценарии «максимум отключения» и поиск минимальных зон, необходимых для локализации аварии.

Это не только «программа», но и регламент работы

Электронная модель – не просто программный комплекс.

Это еще и:

- регламент актуализации (кто, как и как часто обновляет модель по мере реконструкций, подключений и так далее);
- регламент использования (при каких управленческих решениях модель используется обязательно, кто отвечает за расчеты);

- система ответственности (кто подписывает результаты расчетов и несет ответственность за их корректность).

Без регламента любая модель через 1-2 года превращается в «архивный файл», не отражающий реального положения дел.

Электронное моделирование аварийных ситуаций: зачем и что именно считать

Под электронным моделированием аварийных ситуаций в системах теплоснабжения разумно понимать комплекс расчетных сценариев, который должен быть выполнен для данной системы и регулярно актуализироваться.

Базовые сценарии

Минимальный набор сценариев обычно включает:

- 1) отказ крупного источника теплоты:
 - вывод из работы котельной/ТЭЦ, обеспечивающей значимую часть нагрузки;
 - перераспределение нагрузки между оставшимися источниками;
 - оценка зон, в которых неизбежно снижение параметров и отключения;
- 2) разрыв магистрального трубопровода:
 - авария на ключевом участке магистрали;
 - сценарий с исправной запорной арматурой (ограниченные отключения);
 - сценарий с отказом части задвижек (расширенные зоны отключения);
- 3) отказ насосной станции или ключевого узла регулирования:
 - падение напора;

- невозможность обеспечить требуемый перепад давления в удаленных точках;

- снижение температур в помещениях;
- 4) сочетание аварии и экстремально низких температур:

- моделирование аварии при расчетной (или близкой к ней) температуре наружного воздуха;

- оценка времени, за которое температура в помещениях падает до критических значений;

- 5) сценарий отказа на «узких горлышках» сети:

- участки, отключение которых приводит к массовым отключениям;

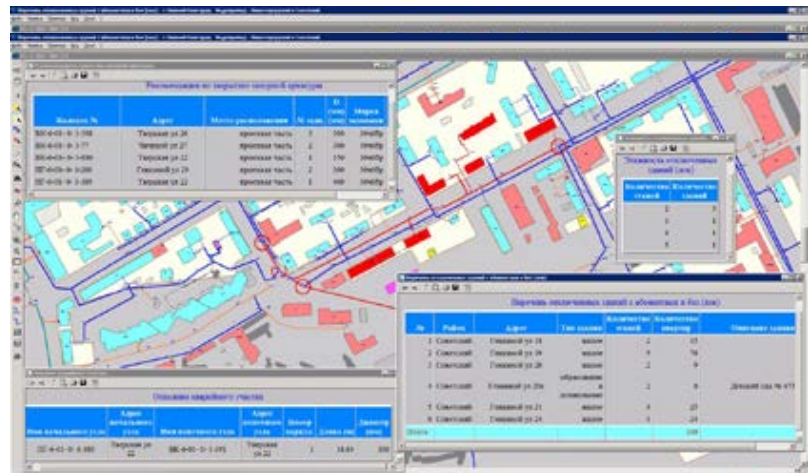
- выявление объектов, которые нельзя обеспечить резервом в текущей конфигурации.

Что должно быть на выходе моделирования

Результат моделирования – не просто «таблица цифр».

Полезный набор выходных данных включает:

- карты зон отключения с указанием количества населения, соцобъектов, объема отключенной нагрузки;
- графики изменения температуры в помещениях по времени (для типового жилфонда и ключевых соцобъектов);
- список узлов и участков, от которых зависит масштаб аварии («критические элементы системы»);
- перечень мероприятий, которые позволяют уменьшить зону отключения или ускорить восстановление.



Ответственность разработчика не может быть бессрочной – электронная модель меняется вместе с системой теплоснабжения, и за актуальность данных отвечает уже эксплуатирующая организация



Именно эти результаты могут и должны использоваться при ликвидации аварийных ситуаций, формировании инвестпрограмм и планов реконструкции, а также при принятии решений о готовности к отопительному периоду.

Типичные проблемы и искажения при внедрении электронного моделирования

Опыт анализа схем теплоснабжения и практики муниципалитетов показывает ряд повторяющихся проблем.

Подмена модели картинками и презентациями

Часто в качестве «электронной модели» представляют:

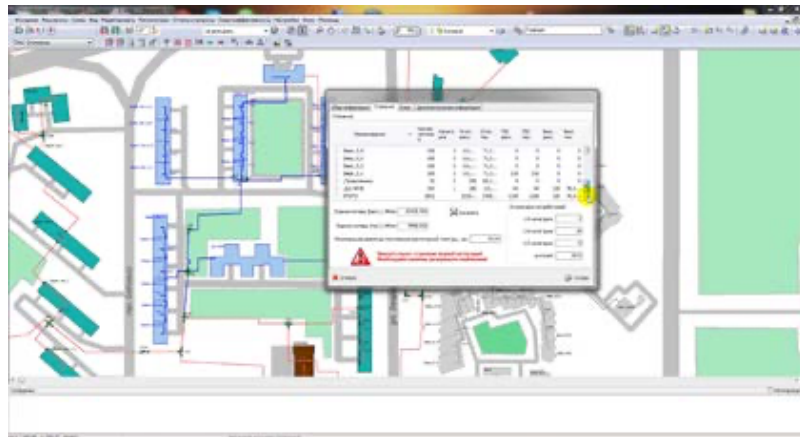
- статические PDF-карты с нанесенными трассами;
- презентации с картинками зон отключения;
- отдельные фрагменты из программных комплексов без возможности пересчета.

Формально «электронный материал» есть, но поменять режим работы или конфигурацию сети и пересчитать последствия невозможно, проверить исходные данные и алгоритмы – тоже. Фактически заказчик и надзорный орган получают визуальный отчет, а не инструмент моделирования.

Отсутствие связки с эксплуатацией и ПЛИАС

Даже если электронная модель формально создана, нередко:

- диспетчерские службы и оперативный персонал ею не пользуются;
- ПЛИАС разрабатываются «по старым методичкам» без опоры на возможность моделирования;
- мероприятия по повышению надежности формируются по интуиции, а не по данным модели.



Чтобы электронное моделирование аварийных ситуаций превратилось в реальный инструмент управления рисками, важно продумать проект внедрения не как разовый документ, а как систему

В итоге потенциал электронного моделирования остается нереализованным, а затраты на создание модели превращаются в «разовый проект ради галочки».

Разрыв между проектировщиком и эксплуатацией

Достаточно распространена ситуация, когда:

- модель создается проектной организацией под разработку схемы теплоснабжения;
- после утверждения схемы файлы и исходные данные фактически остаются «у разработчика»;
- у РСО и муниципалитета нет ни компетенций, ни регламента, чтобы сопровождать модель.

В результате через 1-2 года сеть меняется (перекладки, новые подключения), модель не актуализируется, доверие к ее результатам падает.

Практический подход: как сделать электронную модель рабочим инструментом

Чтобы электронное моделирование аварийных ситуаций превратилось из формального требования в реальный инструмент управления рисками, важно продумать проект внедрения не как разовый документ, а как систему.

Этап 1. Инвентаризация и постановка задач

На первом этапе целесообразно:

- 1) провести инвентаризацию имеющихся данных:

- имеются ли в цифровом виде трассы сетей, планы котельных, данные по оборудованию;

- какие форматы используются (CAD, GIS, табличные данные, отчеты диагностики);

- 2) определить главные вопросы, на которые модель должна дать ответ:

- какие аварии для данной системы наиболее критичны;

- какие районы и потребители наиболее уязвимы;

- где находятся «узкие горлышки» сети;

- 3) зафиксировать решения, которые будут приниматься на основе модели:

- о ликвидации аварийной ситуации;
- о корректировке ПЛИАС;
- о планировании инвестиций;
- об обосновании резервирования;
- о согласовании новой застройки.

Это позволит избежать ситуации, когда создается «модель ради модели», не встроена ни в один процесс.

Этап 2. Создание базовой модели

На этом этапе важно:

- 1) выбрать программный комплекс (или платформу), который:

- позволяет вести структурную, гидравлическую и тепловую модель;

- поддерживает импорт/экспорт данных (чтобы не «запереться» в закрытом формате);

- соответствует требованиям по информационной безопасности (особенно для критичной инфраструктуры);

- 2) создать базовую модель, включающую:

- все источники и основные сети;
- крупные узлы распределения;
- типовые узлы присоединения потребителей.

Сразу имеет смысл заложить разделение модели по зонам/районам и настроить журналы изменений (кто и что менял в модели).

Этап 3. Настройка расчетных сценариев аварий

После построения базовой модели настраиваются:

- 1) сценарии отказов:

- отключение источников;
- аварии на ключевых участках;
- отказ запорной арматуры;

- 2) сценарии по температуре наружного воздуха:



- расчетная минимальная;
 - часто повторяющиеся низкие;
 - межсезонье;
- 3) сценарии по режимам работы:
- максимальный тепловой нагрузочный режим;
 - пониженный режим;
 - резервные схемы при выводе оборудования в ремонт.

В результате формируется пул сценариев, который можно использовать как «набор тестов» для оценки устойчивости системы.

Этап 4. Интеграция с ПЛАС и эксплуатацией

На этом этапе:

1) результаты моделирования встраиваются в ПЛАС:

- зоны отключения;
- порядок действий и переключений;
- прогноз изменения температур в помещениях;

2) проводится обучение диспетчерского и инженерного персонала работе с моделью:

- просмотр сценариев;
- подбор вариантов переключений;
- анализ узких мест;

3) внедряется практика регулярного использования модели:

- при согласовании крупных ремонтов;
- при планировании подключения крупных потребителей;
- при анализе реальных аварий (с последующей корректировкой модели).

Этап 5. Регламент актуализации и ответственность

Чтобы модель не умерла через год, нужен четкий регламент:

- кто отвечает за внесение изменений (служба эксплуатации сетей, отдел развития);

■ как часто проводится регламентное обновление модели (например, раз в квартал или по факту значимых изменений);

■ кто подписывает результирующие отчеты и несет ответственность за корректность исходных данных;

■ как обеспечивается резервное копирование и защита модели.

Регламент должен быть утвержден приказом РСО (для производственной части) и при необходимости согласован с органами местного самоуправления (для увязки со схемой теплоснабжения).

Электронное моделирование и ответственность: с кого за что спрашивать

Вопрос ответственности – один из самых чувствительных.

Разработчик модели (проектная или инженерная организация):

■ отвечает за правильность методики и алгоритмов расчета;

■ несет ответственность за соответствие модели нормативным требованиям на момент ее передачи заказчику;

■ обеспечивает передачу всех исходных файлов и документации, позволяющих заказчику сопровождать модель.

Ресурсоснабжающая организация:

■ отвечает за актуальность модели после ее внедрения;

■ обеспечивает достоверность исходных данных (диаметры, материалы, фактические схемы);

■ использует результаты моделирования при подготовке ПЛАС и инвестпрограмм;

■ несет ответственность за решения, принятые на основе модели (в части, зависящей от корректности представленных эксплуатирующей организацией данных).

Органы местного самоуправления:

■ отвечают за встроенность модели в систему управления (связь с схемой теплоснабжения, планами развития, оценкой готовности к ОЗП);

■ могут требовать представления отчетов моделирования при согласовании программ и мероприятий.

Надзорные органы, в свою очередь:

■ оценивают факт наличия и качество электронной модели и материалов моделирования;

■ при анализе аварий и инцидентов сопоставляют реальное развитие событий с тем, что показывала модель;

■ могут использовать результаты моделирования как один из элементов экспертной оценки риска.

Основные выводы

Электронное моделирование аварийных ситуаций в системах теплоснабжения – не модное словосочетание и не «цифровая надстройка» к привычным бумажным схемам.

Это:

■ единственный реалистичный способ системно оценивать последствия аварий в сложных разветвленных системах;

■ инструмент, который позволяет превратить требования законодательства (Федерального закона № 190-ФЗ, постановления Правительства РФ № 154, приказов Минэнерго России) из набора формальных пунктов в реальную работу с рисками;

■ база для обоснованных решений по реконструкции сетей, резервированию источников, корректировке ПЛАС и оценке готовности к отопительному периоду.

Чтобы электронное моделирование стало рабочим инструментом, нужны три вещи:

■ понимание целей – какие вопросы должна отвечать модель и какие решения на ее основе будут приниматься;

■ правильная организация процесса – от инвентаризации данных до регламента актуализации и обучения персонала;

■ четкое распределение ответственности между разработчиком модели, РСО, муниципалитетом и надзорным органом.

В этом случае электронная модель перестает быть «еще одним требованием» и превращается в то, чем она и должна быть по смыслу закона, – центральным инструментом управления надежностью и безопасностью теплоснабжения на территории муниципалитета. TH



Регламент актуализации электронной модели системы теплоснабжения должен быть утвержден приказом РСО и при необходимости согласован с органами местного самоуправления