УДК 697.34:004.94

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В. Н. КОВАЛЕНКО[1,2], В. А. МАЛОФЕЙ[3,4]
[1] Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь
[2] ООО «ПроГИС», г. Москва, Российская Федерация, kovalbyy@gmail.com
[3] Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
[4] ООО «ПроГИС», г. Минск, Республика Беларусь, malofejvika315@gmail.com

Системы теплоснабжения относятся к критически важной инфраструктуре, от устойчивости функционирования которой зависит безопасность и качество жизни населения. Рост износа тепловых сетей, увеличение протяжённости коммуникаций и усложнение режимов эксплуатации приводят к повышению вероятности возникновения инцидентов и аварийных ситуаций. В современных условиях особую значимость приобретает применение цифровых технологий и имитационного моделирования, позволяющих прогнозировать развитие нештатных режимов, оценивать последствия аварий и разрабатывать мероприятия по их локализации.

В соответствии с требованиями приказа Минэнерго РФ № 2234 и постановления Правительства РФ № 154 теплоснабжающие организации обязаны обеспечивать готовность к отопительному периоду (далее – ОЗП), а также разрабатывать и актуализировать планы ликвидации аварийных ситуаций (далее – ПЛАС).

Ключевым элементом подтверждения готовности является обоснованный расчёт последствий возможных аварий, включая определение зон отключения, оценку устойчивости гидравлических режимов и прогноз снижения температурных параметров в зданиях. Цифровое имитационное моделирование позволяет выполнить данные требования в формализованном и проверяемом виде, обеспечивая:

– верификацию качества электронной схемы теплоснабжения;
– расчёт послеаварийных гидравлических режимов;
– подготовку материалов для комиссии по готовности к ОЗП;
– формирование доказательной базы для Ростехнадзора.

Таким образом, цель моделирования аварийных ситуаций заключается в обеспечении надлежащего уровня подготовки к возможным нарушениям теплоснабжения посредством прогнозирования масштабов и последствий отключений, определения зон и перечня затронутых потребителей, оценки величины тепловых нагрузок и социально значимых показателей, а также формирования исходных данных для разработки и реализации мероприятий по локализации и ликвидации аварий в соответствии с требованиями действующего законодательства [1].

Цифровое моделирование аварийной ситуации выполняется в пять этапов.

ШАГ 1. Верификация электронной модели теплоснабжения.

На первом этапе проводится проверка корректности цифровой гидравлической модели системы теплоснабжения:

– фактического расположения объекта моделирования;

– топологии сети и её соответствия требованиям программного обеспечения;

– требуемых атрибутивных данных.

Результатом этапа является подтверждение достоверности модели либо формирование перечня замечаний для её доработки и актуализации.

ШАГ 2. Формирование сценария аварийной ситуации на основе ПЛАС.

В цифровой модели формируется легенда аварии, включающая:

– место повреждения и его характеристики;

– тип аварии (разгерметизация, отказ оборудования и др.);

– время возникновения и обнаружения;

– метеорологические условия;

– режим работы системы.

Сценарий моделируется с учётом требований ПЛАС и должен отражать наиболее критичные условия эксплуатации в период ОЗП.

ШАГ 3. Реализация сценария и расчёт послеаварийных режимов.

На основе сформированного сценария выполняется расчёт и определяются:

– возможности организации перезапиток и переключений, места их проведения;

– зоны отключения потребителей тепловой энергии.

Графическим результатом является схема с выделением зоны и области отключения, а также переключаемых сетей (при наличии).

ШАГ 4. Оценка последствий для потребителей.

В соответствии с требованиями ПП РФ № 154 и процедурой подготовки к ОЗП определяется:

– перечень отключённых объектов с указанием адресов и категорий;

– социально значимые объекты (больницы, детсады, пансионаты и т. п.);

– численность населения в зоне отключения;

– расчёт тепловых нагрузок, попавших в зону риска;

– объёмы недоотпущенной тепловой энергии и теплоносителя.

Дополнительно выполняется расчёт снижения температур внутри зданий при заданной температуре наружного воздуха и времени устранения аварии.

Результатом этапа является количественная оценка:

– числа жителей в зоне риска;

– времени достижения критических температур, в том числе остывание теплоносителя, зданий и сооружений;

– степени угрозы для устойчивости системы.

ШАГ 5. Формирование материалов для комиссии по готовности к ОЗП.

По результатам цифрового моделирования формируются разделы ПЛАС, включающие:

– текстовое описание сценария аварии;

– схемы зон отключения;

– таблицы расчётных параметров;

– оценку допустимости последствий;

– этапы локализации и ликвидации аварии;

– предложения по повышению надёжности системы.

Материалы представляются:

– комиссии по готовности к ОЗП;

– специалистам Ростехнадзора;

– инженерно-техническому персоналу;

– публикуются на сайте «https://veri-veri.ru» и видны пользователю-заказчику.

Данное цифровое решение позволяет:

– обеспечить выполнение требований приказа Минэнерго № 2234 и ПП РФ № 154;

– формализовать процедуру подготовки ПЛАС;

– повысить обоснованность управленческих решений;

– минимизировать риски при прохождении проверки Ростехнадзора;

– сократить сроки подготовки документов к ОЗП.

Использование электронного моделирования переводит процесс анализа аварий из описательного в расчётно-доказательный формат, соответствующий современным требованиям к эксплуатации объектов теплоснабжения.

Список литературы

1 **Коваленко, В. Н.** К вопросу детализации цифровых двойников систем жизнеобеспечения / В. Н. Коваленко, А. И. Трипутько, А. Д. Гуринович // Перспективные направления инновационного развития и подготовки кадров : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 31 окт. – 2 нояб. 2024 г. : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т, Брест. науч.-техн. парк ; под ред. Н. Н. Шалобыта (гл. ред.), С. Р. Онысько, О. П. Мешик [и др.]. – Брест, 2024. – Ч. 2. – С. 30–38.