

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСТЫВАНИЯ ЗДАНИЯ ПРИ ПРЕКРАЩЕНИИ ПОДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Морозов М.Н.

Научный руководитель: Стрижак П.А., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: benm6@yandex.ru

Основной причиной негативной статистики аварийности систем теплоснабжения является их высокая физическая изношенность [1]. Одной из основных проблем при планировании аварийно-восстановительных работ является недостаток оперативной информации о состоянии тепловых сетей, а также о составе потребителей с наихудшими теплозащитными свойствами. В этом случае целесообразно прибегать к методам прогнозирования развития аварийных ситуаций. Особую роль играют исследования процессов остывания здания, позволяющие оценить динамику изменения температур воздуха, ограждающих конструкций и теплоносителя системы отопления (СО). При этом, как правило, создается компьютерная имитационная модель. Известны работы, направленные на исследование тепловых процессов в здании при аварийном режиме работы системы теплоснабжения [2,3]. Общими недостатками предложенных моделей и методик являются: невозможность мониторинга динамики температуры теплоносителя в СО, отсутствие учета разницы температур внешних и внутренних ограждающих конструкций, геометрических особенностей здания, конфигурации СО и др.

Целью данной работы является исследование аварийного режима функционирования системы теплоснабжения и влияние его на динамику снижения температуры воздуха в помещениях и остывания теплоносителя СО здания. В качестве объекта исследования выбрана система централизованного теплоснабжения типичного

административного трехэтажного здания общей площадью 9870 м² и объемом 35926 м³. Теплоснабжение корпуса осуществляется от центрального теплового пункта (ЦТП) по температурному графику 95/70 °С через индивидуальный тепловой пункт (ИТП). ИТП спроектирован по независимой схеме. Для исследования выбрано две группы помещений – из угловой и центральной частей здания. Принята следующая нумерация: помещения № 1...3 – «угловые» 1...3-го этажей соответственно; № 4...6 – «центральные» помещения 1...3-го этажей соответственно.

Для имитации аварийного режима работы СО вышеописанного объекта на платформе приложения Simulink разработана тепловая модель здания. В основе модели лежит закон сохранения энергии для типового помещения [4], законы теплопроводности Фурье, а также Ньютона-Рихмана, описывающего механизм конвективного теплообмена.

На рисунке 1 изображена тепловая модель системы теплоснабжения здания. Представлены основные функциональные компоненты [5]: блок тепловой защиты помещения, смеситель, отопительный прибор, клапан, погодный блок и другие.

Проведена серия численных опытов, заключающихся в исследовании влияния внешнего возмущающего фактора T_{nar} на динамику остывания здания и СО.

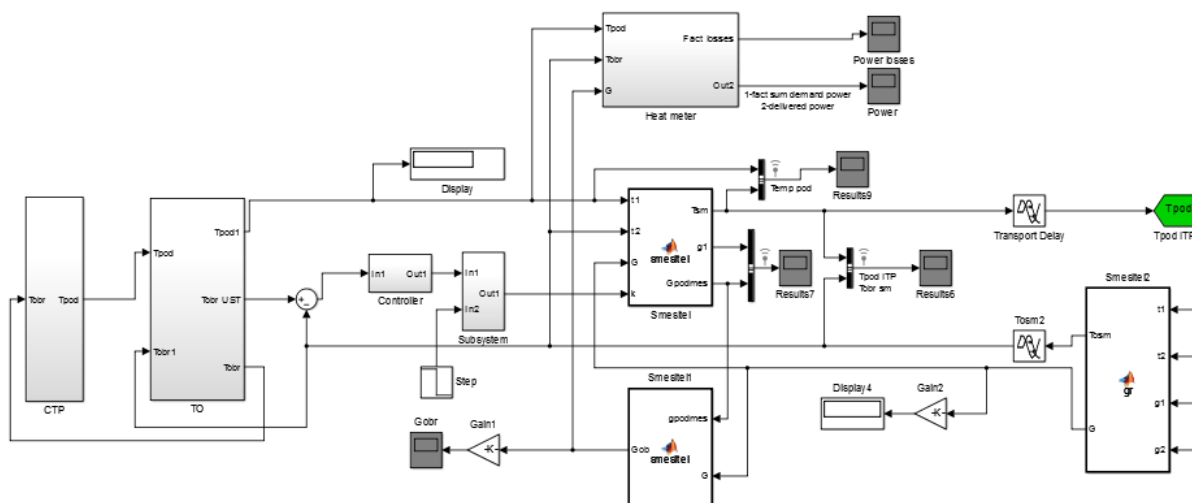


Рис. 1. Тепловая модель системы теплоснабжения здания

Аварийный режим работы отопительной системы имитировался прекращением теплоснабжения от ЦТП. Особенностью функционирования модели является возможность управления циркуляцией теплоносителя в СО. Моделирование проведено для нескольких случаев: 1) при продолжении циркуляции теплоносителя во внутреннем контуре СО даже после наступления аварийного режима; 2) при отсутствии циркуляции.

Начальное значение температуры воздуха T_{in} принято одинаковым во всех помещениях и составляет 20 °С. Моделирование проводилось при температуре наружного воздуха минус 40 °С.

Помимо температуры воздуха внутри помещений T_{in} , фиксировалась также температура теплоносителя СО T_{ob} . Это позволяет более точно и детализировано оценить процессы остывания в здании. Мониторинг температуры воздушной среды T_{in} помещений двух групп в пределах одной этажности показывает, что «угловые» комнаты характеризуются большей динамикой снижения T_{in} относительно «центральных» (рис. 2). Сравнение помещений внутри одной группы, но расположенных на разных этажах показало, что быстрее остальных остывает комната верхнего этажа, тогда как помещение второго этажа характеризуется наименьшей интенсивностью остывания.

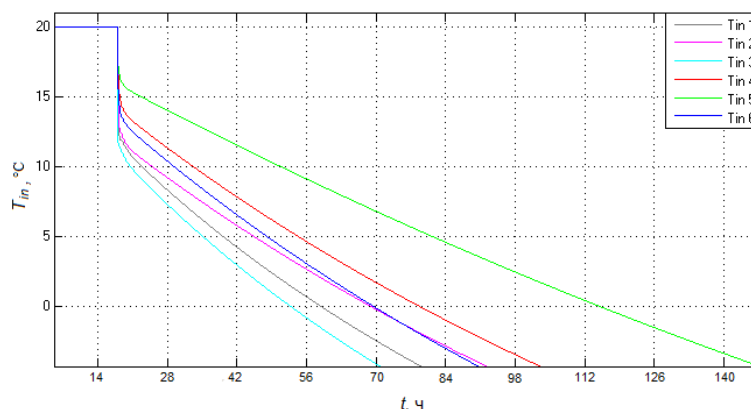


Рис. 2. График снижения температуры воздушной среды помещений для случая непрерывной циркуляции теплоносителя СО: $T_{in i}$ – температура воздуха внутри i -го помещения, где $i = [1 \dots 6]$.

Максимальная динамика остывания среди всех шести контрольных помещений зафиксирована для «угловой» комнаты третьего этажа: время снижения температуры воздуха от начального значения до 0 °С составляет 34 ч 38 мин для первого случая (непрерывная циркуляция теплоносителя) и 31 ч 5 мин для второго. Наименьшей интенсивностью снижения температуры воздуха характеризуется «центральное» помещение второго этажа: время снижения составляет 96 ч 17 мин.

Полученные результаты объясняются более высокими тепловыми потерями «угловой» группы помещений из-за большей площади внешних ограждающих конструкций.

Важным моментом при исследовании процессов остывания здания является мониторинг температуры теплоносителя T_{ob} . Критической выбрана температура 0 °С, как индикатор начала процесса застывания теплоносителя. В случае непрерывной циркуляции теплоносителя во внутреннем контуре здания, минимальное время остывания воды до критической температуры зафиксировано для «угловой» комнаты первого этажа, тогда как максимальное время наблюдается у «центрального» помещения первого этажа. При отсутствии циркуляции время остывания воды до критической температуры сопоставимо со временем снижения температуры воздуха.

Список используемой литературы:

1. Некрасов А.С., Синяк Ю.В., Воронина С.А. Перспективы развития теплоснабжения России // Проблемы прогнозирования. – 2011. – № 2. – С. 37 – 54.
2. Бурцев В.В. Определение фактического коэффициента теплоаккумуляции здания // Проектирование и строительство в Сибири. – 2010. – № 5-6. – С. 24 – 27.
3. Маккавеев В.В. К вопросу моделирования систем централизованного теплоснабжения, обслуживающих группы автоматизированных потребителей // Промышленная энергетика. – 2011. – № 2. – С. – 39 – 40.
4. Lauenburg P., Wollerstrand J. Modelling heating systems connected to district heating in case of electric power failure // Building simulation, 18th IBPSA Conference. Scotland. – 2009. – P. 150 – 158.
5. Persson, T. Dynamic modeling of a domestic hot water system using Simulink // In Proceedings of the 45th International Conference of Scandinavian Simulation Society. Denmark. – 2004. – P. 199 – 206.