

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

А.О Жданова, М.В. Пискунов

Научный руководитель: ассистент М.Н. Морозов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: tpu_chm@tpu.ru

Имитационное моделирование тепловых процессов в зданиях и сооружениях с использованием компьютерной модели – актуальная задача, которая позволит создать более эффективные системы управления типа MPC (model predictive control). Построение комплексной модели позволит более тщательно исследовать объект управления с точки зрения оптимального управления, а также с целью оценки новых энергоэффективных технологий.

При выполнении работы был проведен обширный анализ (табл. 1) программных продуктов для моделирования – Matlab, FLUENT, Scilab, EnergyPlus. В указанных программах были реализованы отдельные элементы здания и системы отопления с целью оценки функционала программных продуктов, а также трудоемкости построения модели. Сравнительный анализ позволил выделить ПО Matlab, наиболее подходящий для решения научных задач. Выбор обусловлен наличием широких функциональных возможностей [1, 2]: инструменты для анализа динамики систем, связь с рабочей средой Workspace и другими приложениями пакета Matlab (в частности, Control System Toolbox), моделирование различных возмущений (детерминированных или случайных с соответствующими законами распределения) и ситуаций (штатных или нештатных, в том числе – аварийных), возникающих при эксплуатации технической системы. Тем не менее, стоит отметить, что для инженерных задач более подходит EnergyPlus, т.к. обеспечена интеграция с 3D-моделями конструкций здания.

Таблица 1. Сравнение функционала специализированного программного обеспечения для моделирования

	Matlab	Fluent	Scilab	EnergyPlus
Возможность моделирования тепловых процессов	да	да	да	да
Интеграция с АСУ	да	нет	да	ограниченно
Возможность моделирования систем управления	да	нет	да	да
Моделирование воздушных процессов	ограничено	да	нет	да
Возможность создания модели с распределенными параметрами	да	да	нет	нет
Возможность создания модели с сосредоточенными параметрами	да	да	да	да
Блочный подход	да	нет	да	да
Возможность преобразования модели в C++	да	нет	да	да
Лицензирование	да	да	нет	да

Использование библиотеки приложения Simscape позволило применить концепцию «акаузального» моделирования [3]. Simscape – специализированная библиотека Simulink, содержащая набор блоков из различных областей техники – механические и гидравлические системы, электрические цепи, тепловые эффекты. Использование последних представляет определенный интерес для задачи энергомоделирования зданий и сооружений. Основное преимущество применения Simscape заключается в «физическом» представлении объекта – модель имеет схожую структуру с реальным объектом, который можно разложить на физические процессы и элементы (компоненты модели). Соединения компонентов модели отражают физическую структуру системы. Именно поэтому специалисты часто используют термин «физическое моделирование». Также стоит упомянуть об использовании двунаправленных (неориентированных) связей между компонентами модели. Связи такого типа позволяют декомпозировать функционирование сложных систем с большим количеством элементов и связей между ними. Например, в основе математической модели помещения лежит закон сохранения энергии:

$$\frac{dE_B}{dt} = Q_{CO} - Q_{OГР},$$

$$E_B = V_B \cdot \rho_B \cdot c_B \cdot T_B,$$

где E_B – внутренняя энергия воздушной среды помещения, Дж;

V_B – объем воздуха в рассматриваемом помещении, м³;

ρ_B – плотность воздуха, кг/м³;

c_B – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К);

T_B – температура воздуха внутри помещения, °С;

Q_{CO} – теплопоступления в помещение от системы отопления, Вт;

Q_{OGR} – суммарные теплотери помещения через внешние ограждающие конструкции, Вт.

Энергомоделирование на базе Simulink позволяет использовать все преимущества данного приложения для разработки и настройки систем управления. Например, после реализации тепловой модели здания или помещения и расчета основных параметров инженерных систем, можно выполнить структурный и параметрический синтез системы управления теплотреблением.

Тем не менее, есть проблемы, связанные с созданием комплексных моделей, содержащих тепловые, гидравлические и механические функциональные блоки. Также в процессе работы выявлены недостатки касательно конфигурирования блоков, функционал которых программно ограничен разработчиками Simscape.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ (контракт 16-38-00628).

Список литературы

1. Добротин С.А., Прокопчук Е.Л. Синтез системы упреждающего управления процессом подачи тепла на отопление здания // Проблемы региональной энергетики. – 2011. – № 2. – С. 53–65.
2. Солдатенков А.С., Потапенко А.Н., Глаголев С.Н. Исследование математической модели управления автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом с типовыми регуляторами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 1(2). – С. 679–684.
3. Самарин О.Д., Гришнев Е.А. Повышение энергоэффективности зданий на основе интеллектуальных технологий // Энергосбережение и водоподготовка. – 2011. – № 5. – С. 12–14.