

©Марьясин О.Ю., Колодкина А.С., Огарков А.А., 2016

DOI: 10.18255/1818-1015-2016-4-427-439

УДК 628.87

Компьютерное моделирование "Интеллектуального здания"

Марьясин О.Ю., Колодкина А.С., Огарков А.А.

получена 15 марта 2016

Аннотация.

В настоящее время в развитых странах активно развивается технология "Интеллектуальное здание", или "Умный дом" ("Smart building"). Концепция "Интеллектуального здания", или "Умного дома", состоит в том, что система должна уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в доме, и соответствующим образом на них реагировать. Для автоматизированного контроля и управления, а также организации взаимодействия между отдельными системами инженерного оборудования организуется автоматизированная система управления зданием, в которую, в виде отдельных составляющих, входят подсистемы автоматизации того или иного инженерного оборудования. Для проведения исследований различных режимов функционирования работающих в здании инженерных подсистем и всей системы в целом необходимо использовать математическое и компьютерное моделирование. С точки зрения математического описания "Интеллектуальное здание" представляет собой непрерывно-дискретную или гибридную систему, состоящую из взаимодействующих элементов различной природы, поведение которых описывается как непрерывными, так и дискретными процессами. В данной статье авторы предлагают компьютерную модель "Интеллектуального здания", позволяющую моделировать работу основных инженерных подсистем здания и алгоритмов управления этими подсистемами. Модель построена в системе Simulink пакета Matlab, с использованием библиотеки "физического моделирования" Simscape и библиотеки Stateflow. Особенность данной модели заключается в использовании специализированных алгоритмов контроля и управления, позволяющих обеспечить скоординированное взаимодействие подсистем и оптимизировать энергопотребление.

Ключевые слова: "Интеллектуальное здание", АСУЗ, гибридная система, компьютерная модель, Simulink, Stateflow

Для цитирования: Марьясин О.Ю., Колодкина А.С., Огарков А.А., "Компьютерное моделирование «Интеллектуального здания»", *Моделирование и анализ информационных систем*, **23:4** (2016), 427–439.

Об авторах:

Марьясин Олег Юрьевич, orcid.org/0000-0001-7449-518X, канд. тех. наук, доцент,
Ярославский государственный технический университет,
Московский пр., 88, г. Ярославль, 150023 Россия, e-mail: maryasinou@ystu.ru

Колодкина Анна Сергеевна, orcid.org/0000-0001-7736-5372, преподаватель,
Ярославский промышленно-экономический колледж,
ул. Гагарина, 8, г. Ярославль, 150023 Россия, e-mail: anuta_25@mail.ru

Огарков Андрей Алексеевич, orcid.org/0000-0002-4151-0379, инженер,
Компания «Интегратор»,
ул. Чехова, 2, г. Ярославль, 150054 Россия, e-mail: drivemox@mail.ru

Введение

Современное здание, независимо от своего типа – жилой ли это дом, государственное или общественное учреждение, производственный корпус – содержит большой объем инженерного оборудования. Причем доля инженерного оборудования в общей стоимости здания непрерывно растет. Все это происходит по той причине, что с каждым годом неуклонно повышаются представления о комфортности и безопасности пребывания человека в здании.

В настоящее время поддержанием в здании требуемых санитарно-гигиенических условий, обеспечением его безопасности и защищенности от нештатных ситуаций занимаются множество подсистем инженерного оборудования, каждая из которых характеризуется достаточно большим набором контролируемых технологических параметров и сигналов управления. Основными из них являются:

- система управления отоплением, включая автоматизированный тепловой пункт;
- система управления вентиляцией и кондиционированием;
- система управления энергоснабжением, включая систему освещения;
- система охранно-пожарной сигнализации;
- система контроля доступа;
- телефонная и информационная сеть здания.

В совокупности все они образуют то, что называется системой жизнеобеспечения здания.

Традиционные решения инженерного оборудования здания представляют собой совокупность отдельных, не взаимодействующих между собой (автономных) систем. Здание, в котором эти системы объединены в единый интегрированный комплекс, "имеет право" называться "интеллектуальным" [1]. Понятие "Интеллектуальное здание" ("Умный дом") родилось в США в начале 1980-х годов и очень быстро стало модным. Если отвлечься от рекламных лозунгов, то "интеллектуальным" следует называть здание, оснащенное средствами автоматического контроля над всеми системами жизнеобеспечения [2]. Концепция "Интеллектуального здания", или "Умного дома", состоит в том, что система должна уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в доме, и соответствующим образом на них реагировать [3].

Для автоматизированного контроля и управления, а также организации взаимодействия между отдельными системами инженерного оборудования, организуется автоматизированная система управления зданием (АСУЗ), в которую, в виде отдельных составляющих, входят подсистемы автоматизации того или иного инженерного оборудования. Система способна за счет полной информации от всех эксплуатируемых подсистем, будь то охранно-пожарная, электропитание, водоснабжение, отопление, кондиционирование и т. д., принять правильное решение и выполнить соответствующее действие, проинформировать жильцов или соответствующую службу о событии.

Определение допустимой или тем более оптимальной структуры, состава и значений характеристик такой сложной системы, как "Интеллектуальное здание", невозможно без проведения исследований различных режимов функционирования входящих в ее состав подсистем и всей системы в целом. Так как проведение натурных экспериментов на действующей системе является весьма затратным, а часто вообще невозможным, то для этого необходимо использовать математическое и компьютерное моделирование. В настоящее время существуют компьютерные системы и программы, позволяющие моделировать или отдельные, или принципиально схожие инженерные подсистемы и их системы управления. Например, для моделирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК, или HVAC, как их называют на западе) используются такие специализированные пакеты, как TRNSYS [4], ESP-г [5], IDA ICE [6] и др. Однако эти системы не позволяют проводить моделирование функционирования всего комплекса основных инженерных подсистем здания.

В данной статье авторы предлагают компьютерную модель "Интеллектуального здания", позволяющую моделировать работу основных инженерных подсистем здания и алгоритмов управления этими подсистемами. Особенность данной модели заключается в использовании специализированных алгоритмов контроля и управления, позволяющих обеспечить скоординированное взаимодействие подсистем и оптимизировать энергопотребление.

1. Гибридные и реактивные системы и средства для их моделирования

С точки зрения математического описания "Интеллектуальное здание" представляет собой непрерывно-дискретную или гибридную систему, состоящую из взаимодействующих элементов различной природы, поведение которых описывается как непрерывными, так и дискретными процессами. Общее поведение гибридной системы описывается последовательностью локальных поведений отдельных элементов, смена которых происходит под воздействием событий. Наступление того или иного события может зависеть от поступления внешних сигналов, может быть привязано ко времени или зависеть от значений различных параметров и, следовательно, от функций локальных поведений. Одно событие может породить другие, и сам процесс функционирования системы описывается в общем случае сложным, нетривиальным алгоритмом [7].

Примерами непрерывно-дискретных систем могут служить транспортные системы, системы управления физическими процессами с аварийными ситуациями, системы, состоящие из параллельных взаимодействующих динамических подсистем.

Поведение гибридной системы можно, таким образом, представить бесконечной последовательностью сменяющих друг друга или протекающих параллельно непрерывных и мгновенных локальных процессов. Эти процессы могут быть независимыми друг от друга или конкурировать за общие ресурсы и/или взаимодействовать между собой, выполняя общую задачу. Динамические системы, имеющие такое поведение, еще называют реактивными системами [7].

К классу реактивных систем относят операционные системы, мультипрограмм-

ные среды, параллельные и распределенные дискретные системы, дискретные системы реального времени, вычислительные сети.

Реактивную систему и ее окружение удобно представлять в виде параллельной системы, в которой компоненты функционируют параллельно, взаимодействуя друг с другом. Глобальное поведение параллельной дискретной системы представляется множеством последовательностей смены ее глобальных состояний во времени, которые можно привязать либо к событиям, вызывающим смену состояний, либо к тактам времени.

Гибридной системой в теории реактивных систем называется система, которая в классических задачах моделирования и анализа называлась бы непрерывно-дискретной или событийно-управляемой.

Специфика подобных систем заключается, с одной стороны, в сложности динамики каждого элемента системы, а с другой – в возможности возникновения разного рода событий, которые по-разному в зависимости от момента их наступления мгновенно изменяют динамику элементов и структуру системы в целом.

В настоящее время для моделирования дискретной динамики реактивных систем широко используется предложенный Д. Харелом визуальный формализм – Statechart (диаграммы состояний и переходов) [8]. Основные неграфические компоненты таких диаграмм – это событие и действие, основные графические компоненты – состояние и переход [9].

Событие – нечто, происходящее вне рассматриваемой системы, возможно требуя некоторых ответных действий. События могут быть вызваны поступлением некоторых данных или некоторых задающих сигналов со стороны человека или некоторой другой части системы. События считаются мгновенными (для выбранного уровня абстрагирования).

Действия – это реакции моделируемой системы на события. Подобно событиям, действия принято считать мгновенными.

Состояние – условия, в которых моделируемая система пребывает некоторое время, в течение которого она ведет себя одинаковым образом. В диаграмме состояния часто представляются кругами или прямоугольными полями со скругленными углами.

Переход – изменение состояния, обычно вызываемое некоторым значительным событием. Как правило, состояние соответствует промежутку времени между двумя такими событиями. Переходы показываются в диаграммах линиями со стрелками, указывающими направление перехода.

Каждому переходу могут быть сопоставлены условия, при выполнении которых переход осуществляется.

С каждым переходом и каждым состоянием могут быть соотнесены некоторые действия. Действия могут дополнительно обозначаться как действия, выполняемые однократно при входе в состояние; действия, выполняемые многократно внутри некоторого состояния; действия, выполняемые однократно при выходе из состояния т.д.

Диаграммы состояний и переходов в настоящее время широко используются для моделировании сложных систем. Достаточно упомянуть унифицированный язык моделирования (Unified Modeling Language (UML)) [10], одним из элементов кото-

рого являются диаграммы состояний и язык "Графсет" [11], который используется при программировании логических контроллеров систем автоматизации.

Существенно повышает степень наглядности модели использование анимации, которая отображает изменения в системе, сопровождающиеся переходами от одного состояния к другому. Построение таких имитационных моделей возможно с использованием различных современных инструментальных средств, одним из которых является программный пакет AnyLogic [12].

Система AnyLogic – это среда компьютерного моделирования общего назначения, охватывающая основные направления моделирования: дискретно-событийное, системной динамики, агентное. Графическая среда моделирования AnyLogic поддерживает проектирование, разработку и выполнение компьютерных экспериментов с моделью, включая различные виды анализа [13]. AnyLogic также включает в себя возможность создания интерактивной анимации для улучшения наглядности моделей. Основным недостатком системы AnyLogic является отсутствие компонентов для построения непрерывных систем, описываемых в виде передаточных функций или уравнений состояния, и отсутствие компонентов для выполнения "физического моделирования".

Построение моделей гибридных, реактивных систем возможно также с помощью перспективного языка Modelica и систем "физического" моделирования, поддерживающих данный язык [14]. Среди них есть как коммерческие системы, такие как Dymola [15], MapleSim [16], Wolfram SystemModeler [17], так и свободно-доступные OpenModelica [18], JModelica [19] и др. На основе языка Modelica разработано большое число свободно-доступных библиотек компонентов, одной из которых является библиотека Modelica_StateGraph2, включающая компоненты для моделирования дискретных событий, реактивных и гибридных систем с помощью иерархических диаграмм состояния [20]. Основным недостатком систем на базе языка Modelica является отсутствие достаточной информации, в особенности на русском языке, как по системам моделирования, поддерживающим данный язык, так и по отдельным библиотекам компонентов.

Другим инструментом моделирования реактивных систем является пакет MATLAB [21]. MATLAB обеспечивает доступ к различным типам данных, высокоуровневому программированию и включает систему Simulink, которая поддерживает проектирование непрерывных и дискретных динамических систем в графической среде (в виде блок-схем). Система Simulink в свою очередь включает библиотеку Stateflow, которая является интерактивным инструментом проектирования сложных, событийно-управляемых систем [22]. Stateflow-диаграммы, использующие визуальный формализм Д. Харела, включаются в Simulink-модели, чтобы обеспечить возможность моделирования процессов, управляемых событиями. Stateflow обеспечивает ясное описание поведения сложных систем, используя диаграммы состояний и переходов. Дополнительная возможность следить в режиме реального времени за процессом выполнения диаграммы путем включения режима анимации делает процесс моделирования реактивных систем по-настоящему наглядным.

Комбинация MATLAB-Simulink-Stateflow является мощным универсальным инструментом моделирования реактивных систем. Поэтому она была выбрана авторами для разработки компьютерной модели "Интеллектуального здания".

2. Компьютерная модель системы

Разработанная авторами компьютерная модель "Интеллектуального здания", включает в себя следующие подсистемы: сбора и обработки информации от датчиков и выдачи сигналов исполнительным устройствам, автоматического управления освещением, автоматического управления микроклиматом в помещении, управления системами безопасности (системами охранной, пожарной сигнализации, обнаружения протечки воды и утечки газа), управления электроснабжением, учета энергоресурсов.

Модель построена в системе Simulink пакета Matlab, с использованием библиотеки "физического моделирования" Simscape [23] и библиотеки Stateflow. Использование Simscape позволяет создавать модели, состоящие из блоков, моделей физических компонентов, таких как электродвигатели, насосы, гидравлические клапаны, емкости и т.д. Применение компонентов Simscape по сравнению с обычными компонентами системы Simulink дает возможность сделать модель более компактной, легко читаемой, контролировать размерности сигналов. Использование Stateflow дает возможность моделировать поведение гибридных или сложных динамических, событийно-управляемых (реактивных) систем, базируясь на картах состояния Хarelа.

В состав разработанной модели входят блоки Simulink и Simscape, диаграммы и таблицы истинности Stateflow. Таблицы истинности позволяют задавать логические функции в наглядной табличной форме. Сложные модели отдельных подсистем представляются в виде маскированных подсистем блок-диаграммы Simulink, что повышает наглядность модели, удобство в работе и позволяет придать моделям более простую, иерархическую структуру.

Система Simulink обладает большими возможностями как при моделировании различных возмущений (детерминированных или случайных с различными законами распределения), действующих на систему, так и при моделировании всевозможных штатных или нештатных ситуаций, возникающих в реальной жизни.

Например, можно смоделировать ситуацию, когда при возникновении пожара "срабатывают" извещатели системы пожарной сигнализации. При этом формируются сигналы для управления другими системами интегрированного комплекса:

- система управления микроклиматом выключает приточную систему вентиляции, обслуживающую данную зону, чтобы предотвратить поступление свежего воздуха к очагу возгорания. Для удаления дыма из коридоров, холлов, лестниц (вдоль маршрутов эвакуации) включается соответствующая подсистема дымоудаления (открываются заслонки, включаются вентиляторы);
- система управления электроснабжением отключает цепи электропитания вблизи зоны пожара;
- система управления освещением включает аварийное освещение;
- система управления доступом разблокирует двери для беспрепятственной эвакуации людей и т.д.

В рамках одной статьи трудно описать все подсистемы реализованной компьютерной модели. Поэтому далее мы ограничимся описанием только двух подсистем для

одного помещения здания. На основе этих двух подсистем мы покажем заложенные в них алгоритмы управления и возможности координации с другими инженерными подсистемами.

3. Модель управления электрическим освещением помещения

Рассмотрим фрагмент модели системы "Интеллектуального здания", включающий систему управления электрическим освещением помещения, представленный на рис. 1.

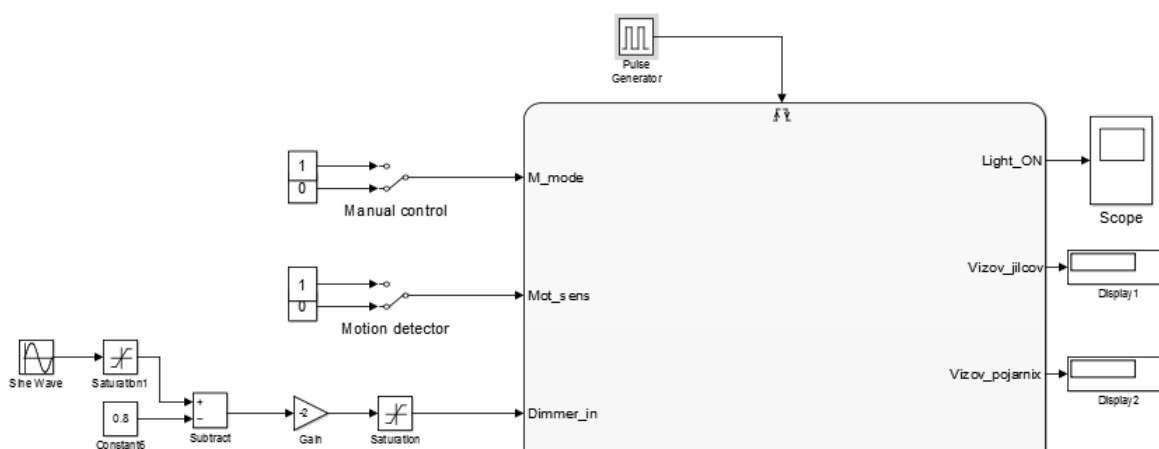


Рис. 1. Фрагмент модели, включающий систему управления освещением помещения
Fig. 1. Fragment of the model, including lighting facilities management system

На вход диаграммы состояний подаются различные сигналы с датчиков, установленных в доме. Для системы управления электрическим освещением это сигнал с датчика движения, сигнал с датчика освещенности, а также сигнал с кнопки ручного включения освещения. В зависимости от состояния этих сигналов, а также за счет наличия в системе устройств регулирования электрической мощности светильников (диммеров), на выходе имеем регулируемую яркость ламп. Поэтому освещенность всегда поддерживается на комфортном для человека уровне при минимизации энергозатрат.

Алгоритм, в соответствии с которым работает система, закладывается в диаграмме состояний, фрагмент которой представлен на рис. 2.

При появлении людей в помещении свет включается автоматически, а при их отсутствии гаснет. Для исключения частых включений и отключений ламп реализована настраиваемая задержка по времени отключения после исчезновения движения, поэтому срок службы лампы не уменьшается. Данная функция особенно полезна для проходных помещений, таких как коридоры, лестничные пролеты.

Световой поток от лампы регулируется пропорционально уровню естественной освещенности, в темное время суток он максимален, в светлое время суток минимален, а при достаточной естественной освещенности лампы полностью отключаются.

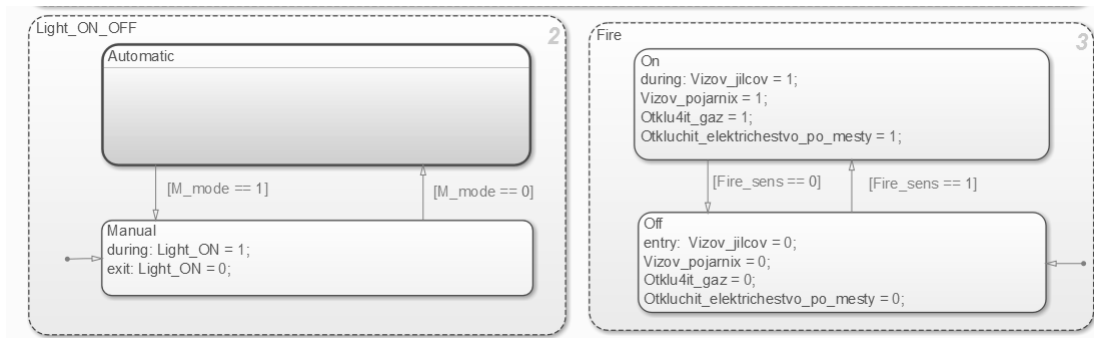


Рис. 2. Фрагмент диаграммы состояний управления электрическим освещением
 Fig. 2. Fragment diagram of electric lighting control states

4. Модель системы управления микроклиматом в помещении

На рис. 3 показана модель системы управления микроклиматом в помещении, интегрированная в общую модель системы.

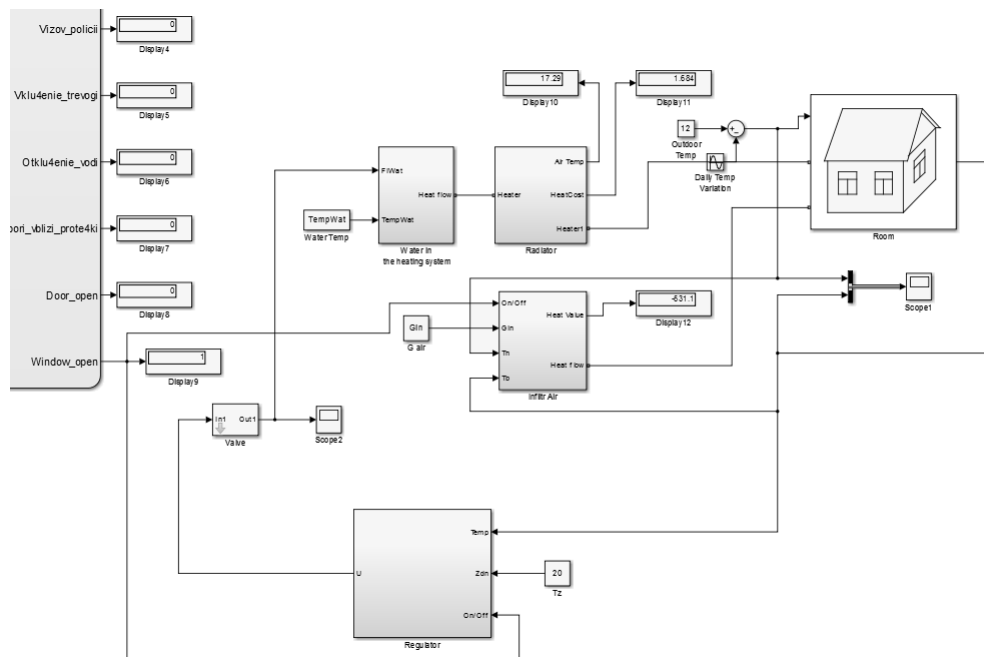


Рис. 3. Модель системы управления микроклиматом в помещении
 Fig. 3. Model systems for climate control in a room

Подсистема Room содержит блок-диаграмму модели теплового режима помещения, построенную с использованием теплотехнических компонентов Thermal библиотеки Simscape и показанную на рис. 4.

Основу модели составляют три параллельные цепочки элементов, представляющие передачу тепла через стены, окна и потолок (крышу). При необходимости можно добавить подобные цепочки для моделирования теплопередачи через пол

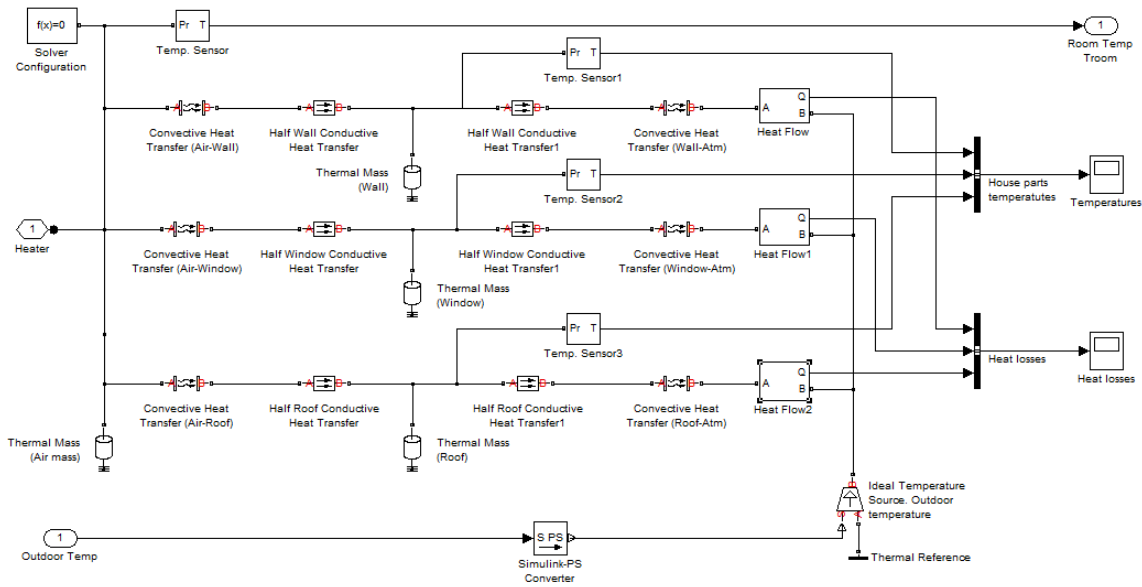


Рис. 4. Модель теплового режима помещения
Fig. 4. Model thermal regime premises

и двери. Каждая цепочка включает в себя конвективный теплообмен между наружным воздухом и ограждающей поверхностью, передачу тепла теплопроводностью через ограждающую поверхность и конвективный теплообмен между ограждающей поверхностью и внутренним воздухом помещения. В случае использования многослойных ограждающих поверхностей каждый слой должен быть представлен на модели отдельно. Термическая масса всех ограждающих поверхностей, а также внутреннего воздуха моделируется соответствующими элементами Thermal Mass.

При необходимости, модель теплового режима помещения позволяет также учитывать инфильтрацию воздуха через ограждающие конструкции помещения или окна и двери, влияние естественной или принудительной вентиляции, наличие сплит-системы, включение внутренних электрических нагревательных приборов и другие факторы.

Подсистема Room имеет входной порт, куда подается сигнал о температуре наружного воздуха, и выходной порт для снятия температуры внутреннего воздуха помещения.

Подсистема Radiator моделирует передачу тепла от теплоносителя к воздуху внутри помещения. Блок Radiator имеет выход, который может использоваться для определения суммарного количества тепла, затраченного на обогрев помещения.

Подсистема Water in the heating system моделирует нагрев теплоносителя в системе отопления. Подсистема имеет два входа для задания расхода и разности температуры воды в прямом и обратном трубопроводах отопления и один выход для передачи теплового потока в блок Radiator.

Подсистема Regulator моделирует перестраиваемый регулятор и содержит модель, показанную на рис. 5.

Подсистема Regulator включает ПИД-регулятор и Stateflow-блок Thermostat, управляющий работой регулятора и показанный на рис. 6.

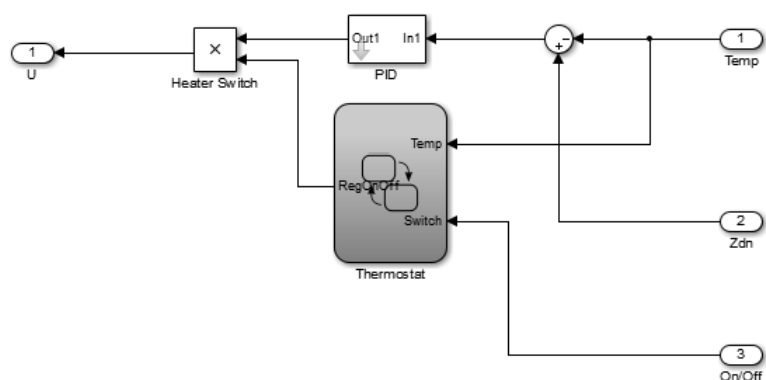


Рис. 5. Подсистема Regulator
 Fig. 5. Subsystem Regulator

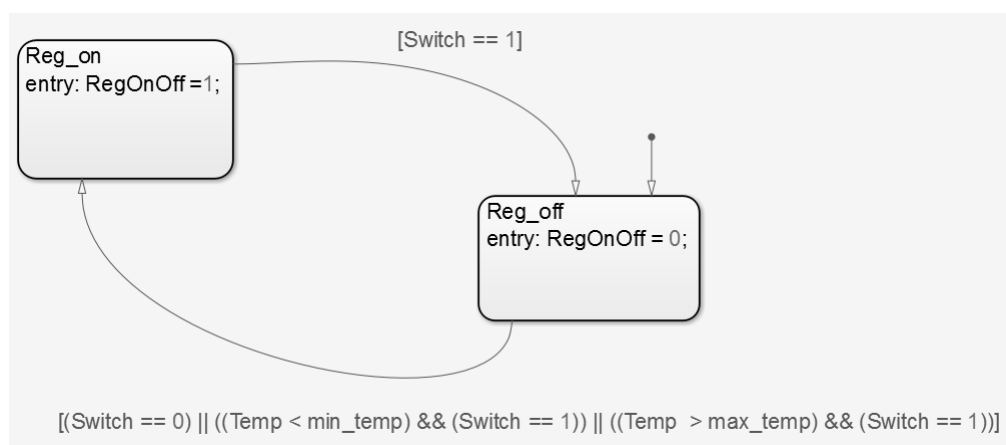


Рис. 6. Stateflow-блок Thermostat
 Fig. 6. Stateflow-block Thermostat

При открытии окна в помещении, например, с целью его проветривания, сигнал от датчика открытия окна передается из системы охранно-пожарной сигнализации в систему управления микроклиматом в помещении. При этом регулятор временно отключается и включается только при достижении минимально допустимой или максимально допустимой температуры. При закрытии окна регулятор переходит в штатный режим работы.

Переходный процесс в замкнутой системе регулирования с перестраиваемым регулятором (верхний график), в течение сорока восьми часов (двух суток), показан на рис. 7. Здесь предполагается, что примерно через 10 часов после начала эксперимента открывается окно, которое остается открытым еще примерно 10 часов, а потом закрывается. Во время открытия окна температура в помещении снижается и поддерживается на минимально допустимом уровне. Это позволяет избежать ненужных потерь тепла на обогрев помещения.

Перестраиваемый регулятор позволяет также учитывать наличие человека в помещении, определяемое по датчику движения. В случае отсутствия людей в помеще-

нии минимально допустимые и максимально допустимые температуры могут иметь более широкие значения.

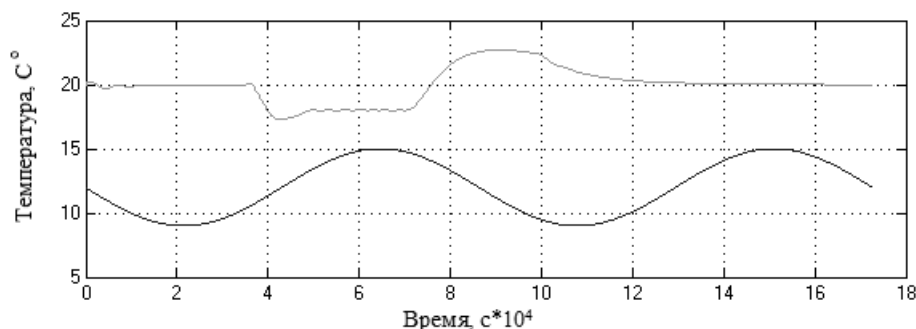


Рис. 7. Переходный процесс в замкнутой системе регулирования с перестраиваемым регулятором

Fig. 7. The transition process in a closed system of regulation with adjustable regulator

5. Заключение

С построенной компьютерной моделью "Интеллектуального здания" были проведены численные эксперименты с целью проверки непротиворечивости системы логических условий, отсутствия не реальных, не допустимых и тупиковых (deadlock) ситуаций, оценки качества динамических режимов, определения объемов энергопотребления в различных режимах и выявления возможностей экономии энергоресурсов. На основании этих экспериментов получен непротиворечивый набор логических правил, который может использоваться при разработке алгоритмов управления "Интеллектуальным зданием".

Для генерации программного С-кода сложных гибридных Simulink и Stateflow моделей для конкретных аппаратных платформ может применяться Simulink Coder [24] совместно с Embedded Coder [25]. Полученный С-код может использоваться при разработке программного обеспечения микроконтроллеров АСУЗ, управляющих инженерным оборудованием и для проведения совместного программно-аппаратного тестирования в связке модель-устройство. Среда генерации кода позволяет гибко настраивать получаемый С-код.

Список литературы / References

- [1] Репин В., "Интеллектуальное здание. Концепция крупным планом", *СтройПРО-Фильм*, 2001, №8; [Repin V., "Intellectualnoe zdanie. Konserpcija krupnym planom", *StrojPROFil*, 2001, №8, (in Russian).]
- [2] Табунщиков Ю.А., "Интеллектуальные здания", *АВОК*, 2001, №3, 6–14; [Tabunshnikov Ju. A., "Intellectualnye zdaniya", *AVOK*, 2001, №3, 6–14, (in Russian).]
- [3] Харке В., *Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве*, Техносфера, М, 2006, 288 с.; [Harke V., *Umnyj dom. Obedinenie v set bytovoj tehniki i sistem kommunikacij v zhilishhnom stroitelstve*, Tehnosfera, М, 2006, 288 pp., (in Russian).]

- [4] “TRNSYS”, <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/index.html>.
- [5] “ESP-r”, <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>.
- [6] “IDA ICE”, <http://www.equa.se/en/ida-ice>.
- [7] Парийская Е. Ю., “Применение методов теории реактивных систем в задачах моделирования и качественного анализа непрерывно-дискретных систем”, *Дифференциальные уравнения и процессы управления*, 1998, № 1, 367–417; [Parijskaia E. Ju., “The Comparative Analysis of Mathematical Models and Simulating Approaches for Continuous-discrete Systems”, *Differential Equations and Control Processes*, 1998, № 1, 367–417, (in Russian).]
- [8] Harel D., “Statecharts: a Visual Formalism for Complex Systems”, *Sci. Comput. Prog.*, 8 (1987), 231–274.
- [9] “Stateflow”, <http://matlab.exponenta.ru/stateflow>.
- [10] Буч Г. и др., *Язык UML. Руководство пользователя*, ДМК Пресс, М, 2006, 496 с.; [Buch G. et al., *Jazyk UML. Rukovodstvo polzovatelja*, DMK Press, M, 2006, 496 pp., (in Russian).]
- [11] Шалыто А. А., *Switch-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления*, Наука, СПб, 1998, 628 с.; [Shalyto A. A., *Switch-tehnologija. Algoritmizacija i programmirovanie zadach logicheskogo upravlenija*, Nauka, SPb, 1998, 628 pp., (in Russian).]
- [12] “AnyLogic – инструмент многоподходного имитационного моделирования”, <http://matlab.exponenta.ru/stateflow>; [“AnyLogic – instrument mnogopodhodnogo imitacionnogo modelirovanija”, <http://matlab.exponenta.ru/stateflow>, (in Russian).]
- [13] Боев В. Д. и др., *Компьютерное моделирование: Пособие для курсового и дипломного проектирования*, ВАС, СПб, 2011, 348 с.; [Boev V.D. et al., *Kompjuternoe modelirovanie: Posobie dlja kursovogo i diplomnogo proektirovanija*, VAS, SPb, 2011, 348] pp.
- [14] “Modelica and the Modelica Association”, <https://modelica.org>.
- [15] “Dymola”, <http://www.3ds.com/products-services/catia/products/dymola>.
- [16] “MapleSim”, <http://www.maplesoft.com/products/maplesim/index.aspx>.
- [17] “Wolfram SystemModeler”, <http://www.wolfram.com/system-modeler/features/>.
- [18] “Welcome to OpenModelica”, www.openmodelica.org/index.php.
- [19] “JModelica”, www.jmodelica.org.
- [20] “Modelica_StateGraph2”, https://github.com/modelica/Modelica_StateGraph2.
- [21] “MATLAB and Simulink”, <http://matlab.ru/products>.
- [22] The MathWorks, Inc., “Stateflow User’s Guide”, 2012.
- [23] The MathWorks, Inc., “Simscape User’s Guide”, 2012.
- [24] “Simulink Coder.”, <http://matlab.ru/products/simulink-coder>.
- [25] “Embedded Coder.”, <http://matlab.ru/products/embedded-coder>.

Maryasin O.Yu., Kolodkina A.S., Ogarkov A.A., "Computer Modelling «Smart Building»", *Modeling and Analysis of Information Systems*, **23:4** (2016), 427–439.

DOI: 10.18255/1818-1015-2016-4-427-439

Abstract. Currently "Smart building" or "Smart house" technology is developing actively in industrialized countries. The main idea of "smart building" or "smart house" is to have a system which is able to identify definite situations happening in house and respond accordingly. Automated house management system is made for automated control and management and also for organization of interaction between separated systems of engineering equipment. This system includes automation subsystems of one or another engineering equipment as separated components. In order to perform study of different functioning modes of engineering subsystems and the whole system, mathematical and computer modeling needs to be used. From mathematical point of view description of "Smart building" is a continuous-discrete or hybrid system consisting of interacting elements of different nature, whose behavior is described by continuous and discrete processes. In the article the authors present a computer model "Smart building" which allows to model the work of main engineering subsystems and management algorithms. The model is created in Simulink Matlab system with "physical modeling" library Simscape and Stateflow library. The peculiarity of this model is the use of specialized management and control algorithms which allow providing coordinated interaction of subsystems and optimizing power consumption.

Keywords: "Smart building", ABMS, hybrid system, computer model, Simulink, Stateflow

On the authors:

Maryasin Oleg Yurievich, orcid.org/0000-0001-7449-518X, PhD,
Yaroslavl State Technical University,
Moskovsky ave., 88, Yaroslavl, 150023, Russia, e-mail: maryasinou@ystu.ru

Kolodkina Anna Sergeevna, orcid.org/0000-0001-7736-5372, teacher,
Yaroslavl Industrial and Economical College,
Gagarina str., 8, Yaroslavl, 150023, Russia, e-mail: anuta_25@mail.ru

Ogarkov Andrei Alekseevich, orcid.org/0000-0002-4151-0379, engineer,
"Integrator" Company, Chehova str., 2, Yaroslavl, 150054, Russia, e-mail: drivemox@mail.ru