

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 14-08-31137 мол_а).

Список литературы:

1. Гортышов Ю.Ф., Попов И.А., Олимпиаев В.В., Щелчков А.В., Каськов С.И., Гуреев В.М. Вчера, сегодня и завтра интенсификации теплообмена // Труды 5 Российской национальной конференции по теплообмену. – Москва, 2010. – Т. 1. – С. 37–40.
2. Шеремет М.А. Математическое моделирование турбулентных режимов сопряженной термогравитационной конвекции в замкнутой области с локальным источником тепла // Теплофизика и аэромеханика. – 2011. – Т. 18, №1. – С. 117–131.
3. Ampofo F., Karayiannis T.G. Experimental benchmark data for turbulent natural convection in an air filled square cavity // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2003. – Vol. 46. – Pp. 3551–3572.
4. Zhuo C., Zhong C. LES-based filter-matrix lattice Boltzmann model for simulating turbulent natural convection in a square cavity // International Journal of Heat and Fluid Flow. – 2013. – Vol. 42. – Pp. 10–22.

УДК 536.2:

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ С
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ОТОПИТЕЛЬНЫХ
ПРИБОРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Морозов М.Н., Стрижак П.С.

Томский политехнический университетТомск

В последнее время вопрос энергосбережения и повышения энерго- и ресурсоэффективности во всех сферах жизнедеятельности стал подниматься на различных уровнях [1, 2].

Особое значение уделяют мероприятиям, направленным на повышение энергоэффективности зданий и сооружений административного и производственного назначений [3-9].

К современным системам теплоснабжения предъявляются следующие требования: с одной стороны необходимо поддерживать параметры микроклимата на комфортном уровне, а с другой требуется повышение энергоэффективности инженерных систем жизнеобеспечения здания.

Цель настоящей работы заключается в исследовании однотрубной конфигурации системы отопления здания при местном регулировании в тепловом пункте, а также в случае дополнения системы индивидуальными регуляторами.

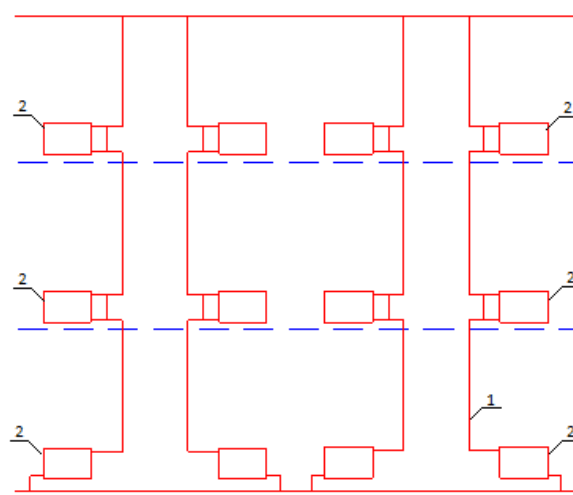


Рис 1. План однотрубной вертикальной конфигурации системы отопления.:
1 – водопроводная труба, 2 – отопительный прибор.

Объектом моделирования является система централизованного теплоснабжения типового административного здания. Система состоит из теплового пункта, магистральных подающих и отводящих трубопроводов, стояков, подводов к отопительным приборам, нагревательных элементов, а также сопутствующей запорно-регулирующей арматуры. Теплоснабжение здания осуществляется от центрального теплового пункта (ЦТП) по температурному графику 95/70 °С.

Ввод системы теплоснабжения в корпус осуществляется через узел учета индивидуального теплового пункта (ИТП). ИТП спроектирован по зависимой схеме с применением насосной циркуляции и подмешиванием теплоносителя из обратного трубопровода в подающий [10, 11].

Объектом исследования в рамках данной работы была выбрана однотрубная конфигурация с последовательным присоединением отопительных приборов рис. 1.

Система является комбинированной: обвязка радиаторов верхних этажей выполнена с байпасом, нижний этаж – проточная система.

Для оценки энергоэффективности однотрубных систем отопления при различных методах регулирования разработана универсальная тепловая модель здания.

В качестве платформы для имитационной модели выбрано приложение Simulink математического пакета Matlab [12]. Также при разработке модели использовались библиотеки приложения Simscape, что позволило применять концепцию «акаузального» (физического) моделирования [13].

Реализация модели в пакете Matlab основывается на представлении каждого отдельного функционального компонента [12, 13] в виде блоков s-функций и подсистем (рис. 2, 3).

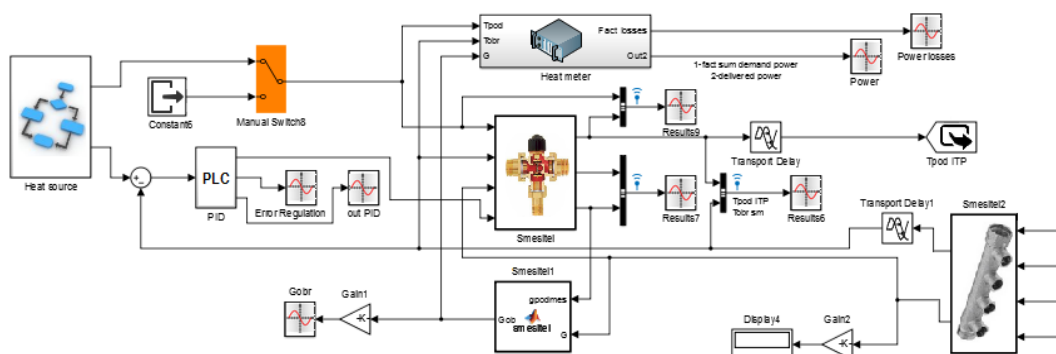


Рис. 2. Тепловая модель системы теплоснабжения здания.

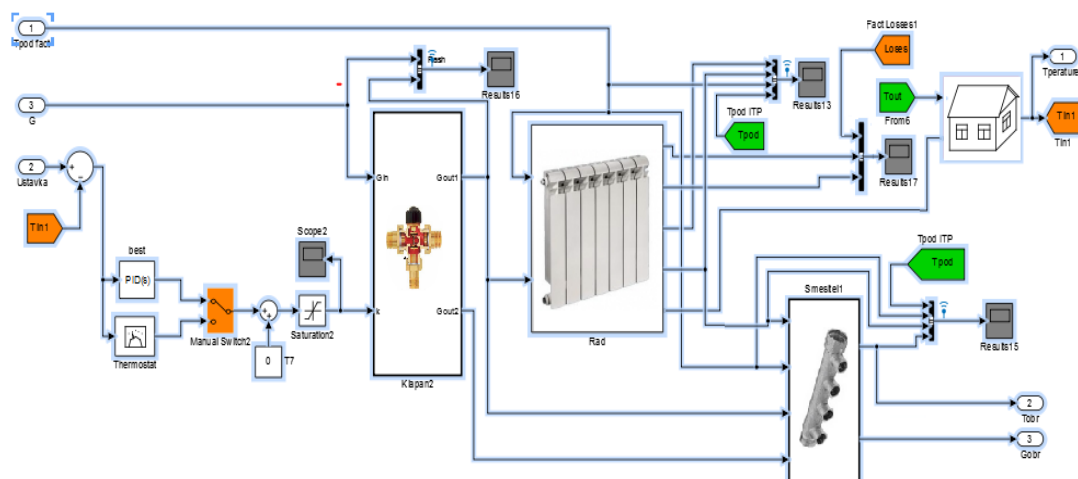


Рис. 3. Фрагмент модели помещения здания.

В основе тепловой модели системы теплоснабжения здания лежит закон сохранения энергии для типового помещения [14].

Для моделирования различных механизмов теплообмена между компонентами модели применялись законы теплопроводности Фурье, а также Ньютона-Рихмана, описывающего механизм конвективного теплообмена [14].

Универсальность модели позволяет применять её для различных целей: оценка энергоэффективности систем отопления различных конфигураций, методов регулирования теплопотребления, а также для задач исследования надежности систем теплоснабжения и прогнозирования аварийных ситуаций тепловых сетей.

В данном контексте модель может использоваться в качестве инструмента при разработке технико-экономического обоснования в системе энергетического менеджмента согласно стандарту ISO 50001:2011

“Системы энергетического менеджмента – Требования и рекомендации к использованию” [15].

Примером может служить реализация индивидуального теплового режима здания []. При этом предполагается введение режима пониженного теплопотребления, при котором температура воздуха внутри помещений снижается до уровня, допустимого параметрами тепло-влажностного режима, нормативными документами, а также из экономических соображений.

Для решения задачи, поставленной в данной работе, проведено две серии опытов, заключающихся в исследовании влияния внешнего возмущающего фактора (температура наружного воздуха T_{out}) на тепловой режим помещений, содержащих систему отопления:

- 1) с индивидуальным регулированием;
- 2) с местным регулированием в ИТП без индивидуального.

В каждой серии опытов были рассмотрены три помещения, расположенные на различных этажах здания (рис. 1), отопительные приборы которых соединены последовательно – вертикальная однетрубная разводка. В качестве внешнего возмущающего фактора была принята температура наружного воздуха T_{out} , изменение которой задавалось в диапазоне $[-40; 5]$ °C с шагом 5 °C.

Сравнительный анализ результатов моделирования первой серии опытов показал, что индивидуальное регулирование отопительного прибора обеспечивает стабилизацию регулируемого параметра – температуры воздуха внутри помещений T_{in} .

Оценка качества переходных процессов проводилась по времени регулирования. После моделирования установленного температурного диапазона внешнего возмущающего фактора полученные данные подвергались обработке, результаты которой сведены в табл. 1.

Анализ данных указывает на рост времени регулирования для помещения первого этажа. Последнее объясняется недостаточной температурой теплоносителя на входе в отопительные приборы. При этом локальная автоматическая система регулирования не справляется со своей главной задачей – стабилизацией температуры воздуха в помещении.

Анализ второй серии опытов показывает, что отсутствие индивидуального регулирования не позволяет системе отопления поддерживать оптимальный тепловой режим помещений при рассматриваемых погодных условиях (табл. 2).

Также анализ показывает, что температура воздуха внутри помещения третьего этажа T_{in} оказывается завышенной во всем диапазоне

изменения внешнего возмущающего воздействия (T_{out}), т.е. в течение всего отопительного сезона.

Таблица 1. Результаты исследования реакции системы на внешнее возмущающее воздействие

Наружная температура $T_{out}, ^\circ\text{C}$	Время регулирования $t_{reg}, \text{с} \times 10^4$		
	Помещение 3-го этажа (№ 3)	Помещение 2-го этажа (№ 2)	Помещение 1-го этажа (№ 1)
5...0	0,0608	0,0776	0,2655
0...-5	0,0628	0,1296	0,2661
-5 ...-10	0,0621	0,1284	0,2243
-10...-15	0,0623	0,0872	5,9
-15...-20	0,0598	0,0867	4,55
-20...-25	0,0585	0,088	4,58
-25...-30	0,0582	0,0925	4,6
-30...-35	0,067	0,1067	4,63
-35...-40	0,0532	0,1607	4,117

Таблица 2. Результаты исследования теплового режима здания при внешнем возмущающем воздействии в случае местного погодозависимого регулирования

Наружная температура $T_{out}, ^\circ\text{C}$	Температура в помещении $T_{in}, ^\circ\text{C}$		
	Помещение 3-го этажа (№ 3)	Помещение 2-го этажа (№ 2)	Помещение 1-го этажа (№ 1)
5	26,37	24,68	22,51
0	25,68	23,92	21,64
-5	25,49	23,49	20,87
-10	25,32	23,05	20,04
-15	25,15	22,61	19,24
-20	24,97	22,18	18,45
-25	24,79	21,75	17,66
-30	24,59	21,32	16,89
-35	24,59	21,06	16,27

Наоборот, помещение первого этажа характеризуется дефицитным теплоснабжением. В настоящее время система отопления не только не удовлетворяет нормативным значениям параметров микроклимата, но и вызывает дополнительные теплотери из-за «перетоков» (превышение температуры воздуха в помещении T_{in}).

Неравномерное распределение теплоносителя по отопительным приборам является наиболее важным недостатком одноконтурных систем отопления. Данную проблему не удастся решить и при внедрении в ИТП современного регулятора с погодным компенсатором.

Исследования показали, что комплексная модернизация отопительной системы, основанная на внедрении локальных регуляторов теплopotребления (распределенная система) в дополнение к центральному «общему» контроллеру ИТП, позволяет получить качественно новые возможности. Таким образом, становится возможным поддержание индивидуального теплового режима помещения, в то время, как точное регулирование в соответствии с ПИД-, ПД- или ПИ-законами исключает перерасход тепла, что вызвано превышением температуры воздуха в помещениях T_{in} .

В случае распределенной системы наблюдается автоматическое перераспределение теплоносителя между отопительными приборами. Однако при активном вмешательстве терморегуляторов изменяется перепад давления на разных участках гидравлической системы. Снизить негативное влияние данного эффекта поможет внедрение автоматических балансировочных клапанов.

Выводы

Разработана модель системы централизованного теплоснабжения здания, которая позволяет проводить исследования, направленные на выявление недостатков централизованных систем отопления в условиях эксплуатации, максимально приближенных к реальным.

Выполненные исследования дают возможность оценить эффективность применения различных вариантов систем регулирования теплopotребления: централизованного в ИТП с использованием погодозависимого алгоритма отдельно, а также в совокупности с локальными регуляторами, интегрированными в единое информационное пространство.

Показано, что однотрубная конфигурация системы отопления позволяет поддерживать параметры климата здания в оптимальном диапазоне с учетом минимизации энергопотребления только при создании распределённых систем управления (сочетание местного погодозависимого регулирования в ИТП и индивидуального – в каждом помещении).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (госконтракт 2.1321.2014).

Список литературы:

1. V. Roshchanka, M. Evans, Playing hot and cold: how can Russian heat policy find its way toward energy efficiency (Pacific Northwest National Laboratory, Washington, 2012)
2. G. Keikkala, A. Kask, J. Dahl, V. Malyshev, V. Kotomkin, Energ. Policy B 35, 1452 (2007)
3. A. Korppo, N. Korobova, Energ. Policy B 42, 213 (2012)
4. A. Boute, Pace Envtl. L. Rev. B 29, 746 (2012)

5. Z. Wang, Y. Ding, G. Geng, N. Zhu, Energy Convers. Manage. B 77, 233 (2014)
6. G. Dall'O, L. Sarto, Energy and Build. B 67, 298 (2013)
7. G. Mustafaraj, D. Marini, A. Costa, M. Keane, Appl. Energy B 130, 72 (2014)
8. T. Berger, C. Amann, H. Formayer, A. Korjenic, B. Pospischal, C. Neururer, R. Smutny, Energy and Build. B 80, 517 (2014)
9. M.D. Moldovan, I. Visa, M. Neagoe, B.G. Burduhos, Energy Procedia B 48, 924 (2014)
10. M. Zago, A. Casalegno, R. Marchesi, F. Rinaldi, Energies B 4, 2115 (2011)
11. O. Ibrahim, F. Fardoun, R. Younes, H. Louahlia-Gualous, Build. Environ. B 72, 259 (2014)
12. M. Kiyan, E. Bingöl, M. Melikoglu, A. Albostan, Energy Convers. Manage. B 72, 147 (2013)
13. D. Broman, P. Fritzson, Proceedings of the 2nd International workshop on equation-based object-oriented languages and tools, 59 (Paphos, Cyprus, 2008)
14. P. Lauenburg, J. Wollerstrand, Proceedings of the 11th International Building Performance Simulation Association Conference, 150 (Glasgow, 2009)
15. C. Eccleston, F. March, T. Cohen, Inside Energy: The Handbook for Implementing an ISO 50001 Energy Management Systems (CRC Press, 2011)
16. M. Wallace, R. McBride, S. Aumi, P. Mhaskar, J. House, T. Salisbury, Chem. Eng. Sci. B 69, 45 (2012)
17. S. Privara, Z. Vana, E. Zacekova, Energy and Build. B 55, 341 (2012)
18. M. Maasoumy, M. Razmara, M. Shahbakhti, A. Sangiovanni Vincentelli, Energy and Build. B 77, 377 (2014)
19. H.F. Scherer, M. Pasamontes, J.L. Guzman, J.D. Alvarez, E. Camponogara, J.E. Normey-Rico, J. Process Control, B 24, 740 (2014)

УДК 548.4:539.1

ПРОЦЕССЫ ДИССИПАЦИИ ЭНЕРГИИ ОБЛУЧЕНИЯ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Орлов А.В., к.ф.-м.н., Платонов Н.И., д.т.н.

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

E-mail: a_orlov@ugrasu.ru

Актуальной задачей современного материаловедения является разработка новых материалов с повышенной радиационной стойкостью. Облучение связано с инъекцией значительных порций энергии в объем материала. Диссипация введенной энергии производится по различным каналам, основным из которых является выделение тепловой энергии. Параллельно с прямым тепловыделением облучение сопровождается интенсивной генерацией дефектов кристаллической решетки в металлах и сплавах. Системы дефектов решетки часто оказываются неустойчивыми, что приводит к структурно - фазовым превращениям (порообразованию, сегрегации элементов и т.п.).

Разработан предсказательный метод термодинамического анализа стабильности металлических систем при умеренных дозах радиацион-