

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕМ ЗДАНИЯ**М.Н. Морозов

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

**RESEARCH OF ENERGY SAVING THERMAL REGIME IN THE IMPLEMENTATION OF
BUILDING HEAT CONSUMPTION DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM**M.N. Morozov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. P.A. Strizhak
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: tpu_chm@tpu.ru

***Annotation.** An integrated model, consisting of a distributed automatic control system, building heating system and individual heating unit is designed. The model is based on the Simulink application. Using the specialized application Simscape libraries allows applying the «acausal» modelling concept. The conducted research allowed to reveal features of operation of single-pipe heating system with distributed control system. The results of comparison the climatic variables of control rooms are presented. Implementation features of low thermal energy consumption regime of heating system in case of heating appliances sequential connection are specified. The conclusions about the possibility of increasing the energy efficiency of heating system in the implementation of distributed control systems are presented.*

Известно [1], что до 40 % мирового использования энергии потребляется административными и промышленными зданиями. Примерно половина расходуется на поддержание климатических условий помещений, предназначенных для жизнедеятельности человека [1]. Практика показывает, что для создания энергоэффективных зданий требуются немалые усилия проектировщиков климатических систем. Ключевым фактором для снижения трудоемкости проектирования является использование специализированных программных средств [2]. С использованием последних возможно прогнозирование необходимых и достаточных условий для энергоэффективного функционирования зданий.

Целью работы является исследование функционирования системы управления теплотреблением здания при реализации тепловых режимов пониженного энергопотребления.

Наиболее приоритетным направлением по сокращению теплотребления является внедрение систем, включающих регуляторы с погодным компенсатором (возмущающий фактор – температура наружного воздуха T_{ext}). Тем не менее, такие системы не учитывают параметры скорости и направления ветра, внутренних тепловыделений (от оборудования, технологического процесса или присутствующих в помещении людей), мощности солнечного излучения, а также конструктивные особенности отопительной системы. Практика показывает, что данные факторы значительно влияют на систему регулирования, вызывая погрешности при стабилизации температуры воздуха в помещениях T_{in} .

Проблема может быть решена при внедрении интеллектуальной адаптивной системы управления теплотреблением здания, имеющей распределенную структуру: главный регулятор отвечает за поддержание температуры теплоносителя в ИТП, за климат помещений отвечают индивидуальные локальные регуляторы. Для исследования работы такой системы управления разработана имитационная модель. В качестве программной платформы выбрано приложение *Simulink* [3]. Использование библиотеки *Simscape* позволило применить концепцию «акаузального» моделирования [4].

Для решения поставленной задачи выбрано шесть контрольных помещений, имеющих порядковые номера № 1-6: три группы по две комнаты в каждой группе. Комнаты одной группы имеют одинаковую пространственную ориентацию наружных ограждающих поверхностей: 1-ая группа – Юг, 2-ая группа – Запад, 3-ая группа – Север. Система отопления принята с последовательным соединением радиаторов. Таким образом, каждая группа имеет общий вертикальный стояк: внутри группы четное помещение расположено первым по ходу движения теплоносителя, тогда как нечетное расположено ниже по стояку. Помещения имеют идентичную планировку с параметрами: площадь 41,52 м², объем 112,1 м³.

Моделирование проводилось для погодных условий города Томска (февраль): температура наружного воздуха $T_{\text{ext}} = -30$ °С, учтены ветровые параметры и характеристики инсоляции. Предварительные исследования показали, что для указанных погодных условий оптимальным значением снижения заданной температуры воздуха в помещении $T_{\text{in set}}$ является 3 °С, таким образом справедливо:

- $T_{\text{in set}} = 20$ °С – нормальный режим эксплуатации (активен с 07.00 ч до 17.00 ч);
- $T_{\text{in set}} = 17$ °С – режим пониженного теплотребления (активен с 17.00 ч до 07.00 ч).

Принято, что перевод в режим пониженного теплотребления распространяется только на комнаты 2-ой группы (помещения № 3 и 4). Результаты исследования представлены на рисунках 1 и 2.

График изменения температуры воздуха в контрольных помещениях $T_{\text{in } i}$ показан на рисунке 1.

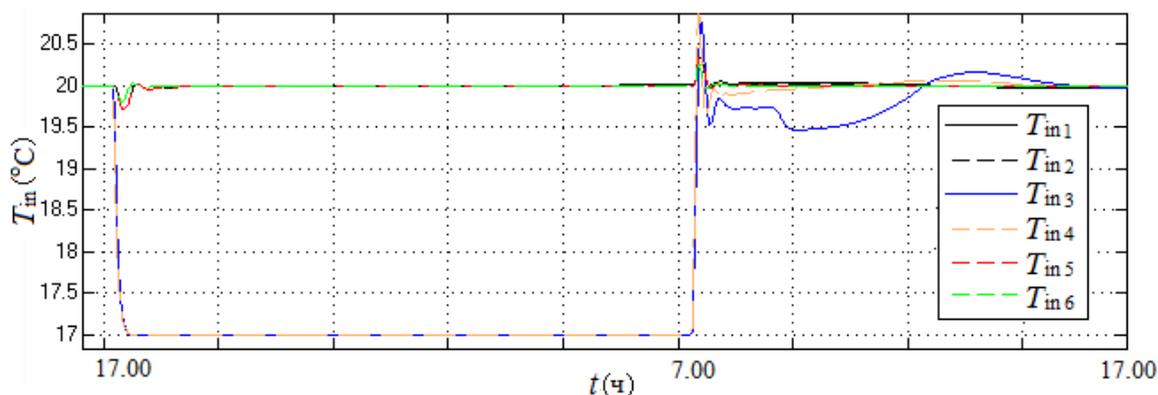


Рис. 1. График изменения температуры воздуха в i -ом помещении $T_{\text{in } i}$, где i – порядковый номер контрольного помещения, $i=[1 \dots 6]$

На рисунке 2 представлены графики изменения выходных сигналов локальных регуляторов $K_{\text{con } i}$, а также контроллера ИТП $K_{\text{con ИТП}}$. Анализ представленных графиков доказывает возможность использования энергосберегающих режимов при значительных отрицательных температурах окружающей среды. При этом моменты переключения режимов характеризуются нестабильностью параметров T_{in} , $K_{\text{con } i}$ и $K_{\text{con ИТП}}$.

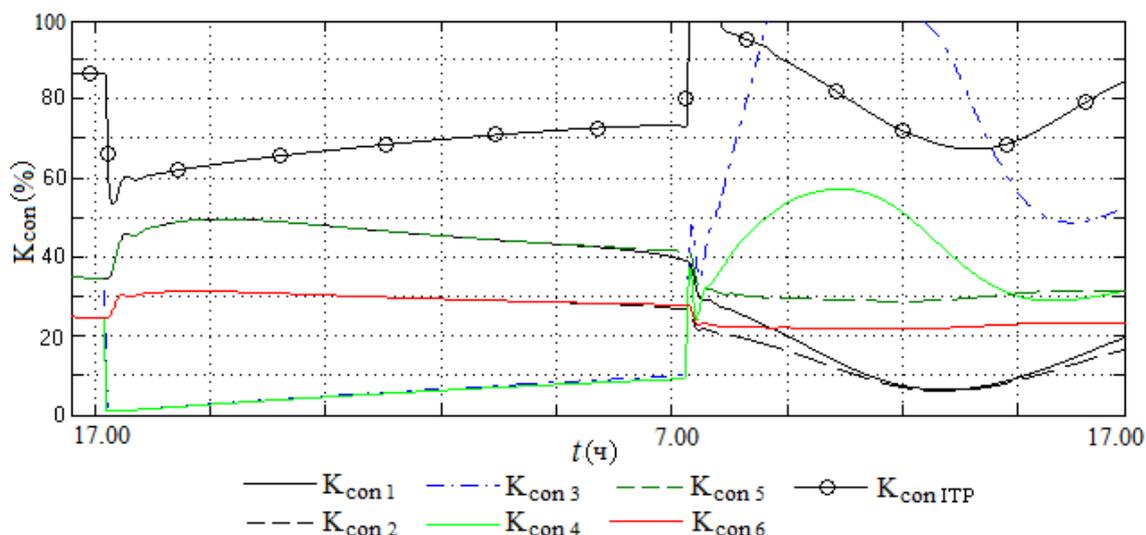


Рис. 2. График изменения выходного сигнала регуляторов $K_{con ITP}$ и $K_{con i}$, где i – порядковый номер контрольного помещения, $i=[1...6]$

Наибольшая динамика T_{in} наблюдается в помещениях № 3 и 4. В момент выхода из режима пониженного теплоснабжения максимальное отклонение температуры (рисунок 1) зафиксировано на уровне $0,9^{\circ}\text{C}$ (помещение № 4) и $0,8^{\circ}\text{C}$ (помещение № 3). При этом наблюдается специфичный график изменения $T_{in 3}$: в отличие от графика изменения $T_{in 4}$, происходит снижение температуры в помещении № 3 и только потом – стабилизация на уровне 20°C . Эффект объясняется следующими факторами:

- наличие процесса теплообмена воздушной среды помещения с его ограждающими конструкциями, которые успевают охладиться за время действия режима пониженного теплоснабжения;
- ограниченное теплоснабжение помещения № 3: на рисунке 2 отчетливо наблюдается продолжительное значение выходного сигнала регулятора $K_{con 3}$ на уровне 100%, что говорит о недостаточной мощности радиатора для прогрева помещения после энергосберегающего режима.

Стабилизация параметра $T_{in 4}$ происходит быстрее относительно $T_{in 3}$, что объясняется особенностью последовательного соединения отопительных приборов соседних (по стояку) помещений № 3 и 4. Снижение теплоснабжения помещениями № 3 и 4 за счет внедрения энергосберегающего режима зафиксировано на уровне 19,4%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-08-00057).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Oldewurtel F., Sturzenegger D., Morari M. Importance of occupancy information for building climate control // Applied energy. – 2013. – V. 101. – № 1. – P. 521–532.
2. Kim J. B., Jeong W. S., Clayton M. J., Haberl J. S., Yan W. Developing a physical BIM library for building thermal energy simulation // Automation in construction. – 2015. – V. 50. – № 2. – P. 16–26.
3. Добротин С.А., Прокопчук Е.Л. Синтез системы упреждающего управления процессом подачи тепла на отопление здания // Проблемы региональной энергетики. – 2011. – № 2. – С. 53–65.
4. Broman D., Fritzson P. Higher-order acausal models // Proceedings of the 2-nd International workshop on equation-based object-oriented languages and tools. – Paphos, Cyprus, 2008. – P. 59–69.