

# ЭНЕРГЕТИКА

УДК 628.82

А. Ю. БАРИНОВ, Л. И. ВТОРОВА, А. А. ДАНИЛИНА, А. А. ЦЫНАЕВА

## КРАТКОВРЕМЕННАЯ РАБОТА СПЛИТ-СИСТЕМЫ

*Проведено исследование работы сплит-системы в режиме охлаждения при кратковременной работе (в динамическом режиме). Подробно рассмотрен ход проведения экспериментального исследования, используемые в процессе экспериментального исследования измерительные приборы и порядок проведения экспериментальных исследований. Выявлено влияние сплит-системы на параметры микроклимата в обслуживаемом помещении при кратковременном режиме работы установки. Получены параметры температурного поля в помещении до и после кратковременного включения сплит-системы в режиме охлаждения. Полученные результаты экспериментального исследования показали снижение среднего значения температуры воздуха в помещении на 1,5 градуса при кратковременном включении сплит-системы в работу в режиме охлаждения.*

Ключевые слова: пирометр, рулетка, сплит-система, помещение, термометр, температура, термопара.

По результатам выполнения лабораторной работы «Исследование работы сплит-системы в режиме охлаждения» для повышения заинтересованности в научных исследованиях написана статья. В исследовательской работе использовали сплит-систему, являющуюся разновидностью кондиционеров, которые подразделяются по конструкции и способу их применения. Рассмотрено влияние сплит-системы на параметры воздуха в помещении.

### Экспериментальные исследования: приборы и установки

Использован пирометр, дополнительно оснащённый термопарой, для измерения температуры [1]. Такой прибор позволяет измерять температуру объекта исследования двумя методами: контактным (с помощью термопары) и бесконтактным (непосредственно посредством пирометра). Общий вид используемого пирометра представлен на рис. 1. Принцип действия пирометра основан на измерении количества теплового потока в инфракрасном диапазоне и последующем пересчёте его в температуру.

Пирометр располагали перед объектом исследования. Луч лазерного указателя пирометра фокусируем на объекте во избежание промаха. Далее тепловой поток, полученный в результате съёмки, преобразовывается с помощью внутреннего компьютерного чипа пирометра в температуру. Численные значения температуры выводятся на монитор пирометра, находящегося на стороне пирометра, обращённой к пользователю (рис. 1).

---

© Баринов А. Ю., Второва Л. И.,  
Данилина А. А., Цынаева А. А., 2015

Данные по измерениям могут выводиться в различных единицах измерения (градусах Цельсия, Кельвина и т. д.). Кроме того, на экране отображаются показания термопары, подключённой к пирометру (рис. 1).

Показания квазимохрамотический пирометра определяются в соответствии с выражением [1]:

$$\frac{1}{T_s} - \frac{1}{T} = \frac{\lambda}{c_2} \cdot \ln \frac{1}{\varepsilon_\lambda},$$

где  $T$  – действительная температура объекта, К;  $T_s$  – яркостная температура, К;  $\lambda$  – длина волны, мкм;  $c_2$  – постоянный коэффициент, равный  $c_2 = 1,4388 \cdot 10^{-2}$  (м · К);  $\varepsilon_\lambda$  – спектральный коэффициент излучения.

Для расчёта действительной температуры нагретого тела используется формула [1]:

$$T = T_p \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon_T}},$$

где  $T$  – действительная температура объекта, К;  $T_p$  – радиационная температура, К;

$\varepsilon_T$  – коэффициент излучения.

При этом расчёт действительной температуры объекта как при измерении термопарой, так и при использовании пирометра, ведётся в автоматическом режиме компьютерным чипом пирометра, а данные измерений выводятся на экран прибора (рис. 1). Для применяемого прибора погрешность составила менее 3 процентов [4]. Так как описанный выше прибор использовался

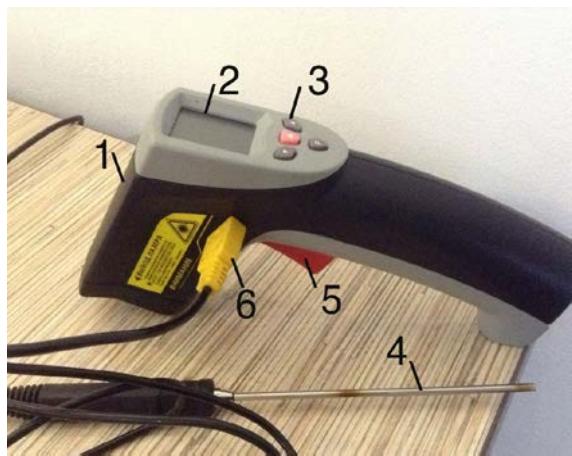


Рис. 1. Общий вид используемого пирометра:  
 1 – пирометр; 2 – экран пирометра;  
 3 – управляющие кнопки пирометра;  
 4 – термопара; 5 – кнопка включения лазерного  
 указателя; 6 – подключение термопары

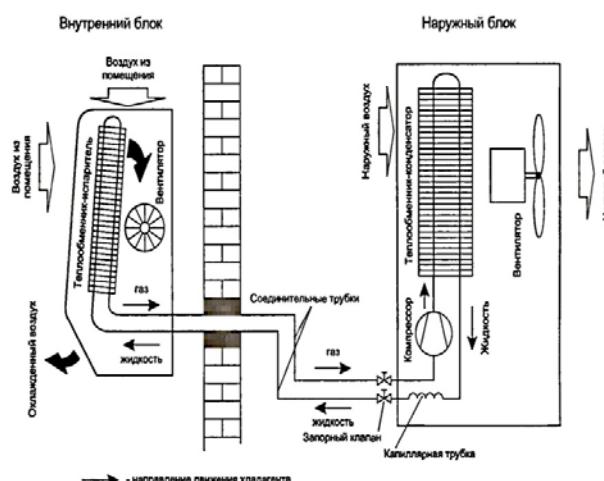


Рис. 2. Схема сплит-системы,  
 работающей в режиме охлаждения

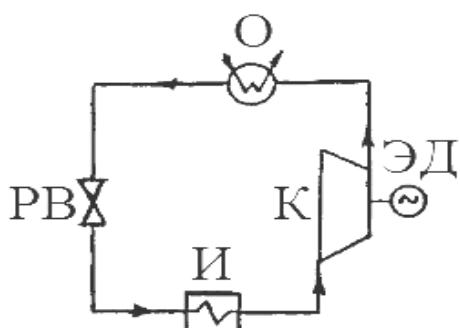


Рис. 3. Схема простейшей парокомпрессионной  
 холодильной установки: О – охладитель;  
 К – компрессор; ЭД – электродвигатель;  
 И – испаритель; РВ – редуцирующий вентиль

для исследования кратковременной работы сплит-системы в режиме охлаждения и её влияния на параметры микроклимата помещения, следует рассмотреть конструкцию и принцип действия сплит-системы.

### Описание работы сплит-системы

Сплит-система, используемая при исследовании и представленная на рисунке 2 [1, 2], состоит из внутреннего и наружного (внешнего) блоков. Внешний блок включает в себя компрессор, теплообменник-конденсатор, вентилятор. Внутренний блок содержит теплообменник-испаритель и вентилятор [2].

Сплит-системы такого типа (рис. 2) работают по принципу действия парокомпрессионного холодильного цикла [1, 3]. В рассматриваемой сплит-системе, работающей в режиме охлаждения, рабочим телом является холодильный агент R410A.

Схема простейшей парокомпрессионной холодильной установки [1, 3, 5], поясняющая принцип действия сплит-системы, показана на рисунке 3.

Холодильные установки (рис. 3) работают по обратному циклу, в котором работа подводится извне, теплота отнимается от объекта охлаждения и подводится к холодильному агенту. В нашем случае охлаждаемым телом является воздух помещения, прокачиваемый вентилятором внутреннего блока через теплообменник-испаритель (см. рис. 2). При этом холодильный агент R-410A отбирает тепло от воздуха и превращается в пар. Пар холодильного агента направляется в компрессор (см. рис. 3), в котором происходит его сжатие с соответствующим повышением температуры. Далее холодильный агент R-410A направляется в теплообменник-охладитель, который служит для рассеивания теплоты хладагента в окружающей среде. В исследуемой сплит-системе (рис. 2) для интенсификации отвода теплоты от хладагента используется принудительная продувка воздуха окружающей среды через поверхность теплообменника-охладителя. После охлаждения давление хладагента снижается либо с помощью регулирующего вентиля (рис. 3), либо с помощью капиллярной трубы (исследуемая сплит-система, рис. 2). Цикл парокомпрессионной холодильной установки представлен на рисунке 4 [1, 3].

Насыщенный пар сжимается компрессором от давления  $p_1$ , до давления  $p_2$  (процесс 1-2). Затем пар поступает в охладитель, где конденсируется (процесс 2-3). Далее выполняется процесс 3-4 дросселирования со снижением давления и температуры. Этот процесс (3-4) является

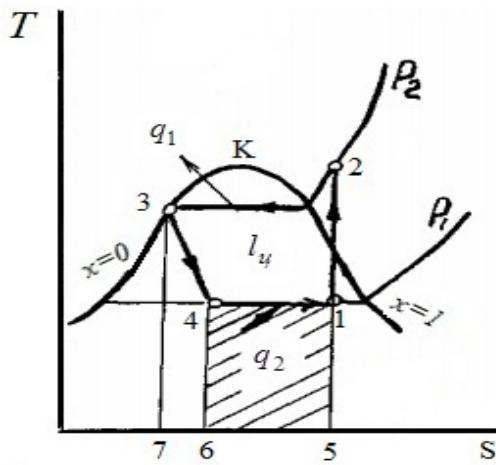


Рис. 4. Цикл парокомпрессионной холодильной установки в диаграмме  $T, s$  : 1, 2, 3, 4 – рабочие точки цикла; 5, 6, 7 – энтропия в рабочих точках цикла

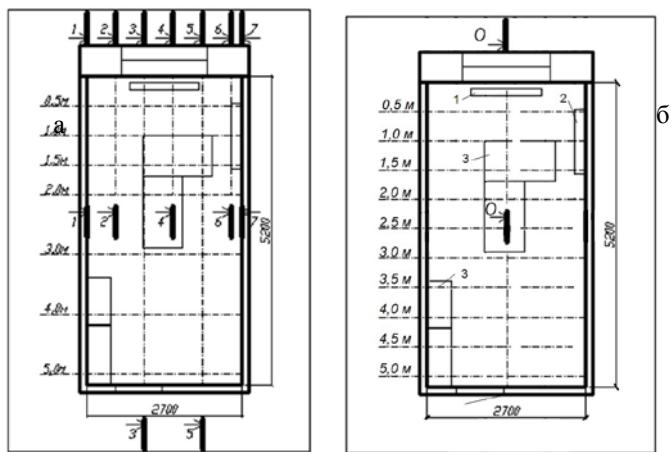


Рис. 5. Схема проведения измерений температуры воздуха внутри помещения, оснащённого сплит-системой: а) – до включения сплит-системы; б) – после включения сплит-системы: 1 – отопительный прибор; 2 – сплит-система; 3 – мебель

необратимым, а на рисунке 4 изображён условно. Далее холодильный агент при давлении  $p_1$  подаётся в теплообменник-испаритель, в котором осуществляется процесс 4-1 с отводом теплоты от охлаждаемых тел в количестве  $q_2$ .

#### Методика проведения исследований

При помощи рулетки экспериментальная комната разбивается на элементы. В первой части комнаты шаг измерительной сетки  $0,5 \times 0,5$  м. Во второй части комнаты шаг сетки  $1 \times 1$  м (рис. 5). В зоне расположения сплит-системы, оконных проёмов и отопительных приборов измерительная сетка выполнялась с меньшим шагом по пространству для учёта влияния этих факторов. При удалении от оконных проёмов, сплит-системы, отопительных приборов воздействия этих устройств на параметры микроклимата в помещении ослабевают, что позволяет увеличить шаг. Так на расстоянии 2 м от стены с оконным проёмом шаг сетки изменился с  $0,5 \times 0,5$  м на  $1 \times 1$  м. Последующие измерения с шагом в 1 м производились на оставшейся части помещения. Такое построение измерительной сетки связано с необходимостью получения достаточно качественных результатах и снижении затрат времени на проведение эксперимента. Кроме того, в системах обеспечения микроклимата [6, 7] чувствительность к изменению температуры внутреннего воздуха составляет порядка 1,5...2 градуса [8, 9, 10].

Измерения начали вести от стены с оконным проёмом на расстоянии 0,5 м от стены и пола комнаты таким образом, что получилось 7 изме-

рительных плоскостей. Для снижения погрешности измерений в каждой точке измерение температуры проводилось 4 раза. Погрешность измерений рассчитывается в соответствии с нормативными документами [4]. Результаты измерения температуры воздуха до включения сплит-системы в помещении по схеме, представленной на рисунке 5, а), показаны на рисунке 6 (сечения 0,5-2,0).

На рисунке 7 показаны результаты измерения температуры воздуха до включения сплит-системы в измерительных сечениях 3,0-5,5 (см. схему рис. 5, а).

Сплит-система была включена кратковременно (на 6 минут) и работала в режиме охлаждения. На рисунке 8 показаны результаты измерения температуры воздуха после кратковременной работы сплит-системы в течение заданного времени в соответствии со схемой измерений, представленной на рис. 5, б.

На высоте 2,0 м температура воздуха несколько ниже, чем на высоте в 1,0 м, так как сплит система (см. рис. 5, б) расположена на высоте более 2,5 метров и была включена кратковременно. Кроме того, распределение воздушных масс в помещении осуществляется за счёт естественной циркуляции. В этой связи результаты измерений показывают, что в момент измерения температуры ещё не произошло перераспределение холодных и тёплых воздушных масс в помещении.

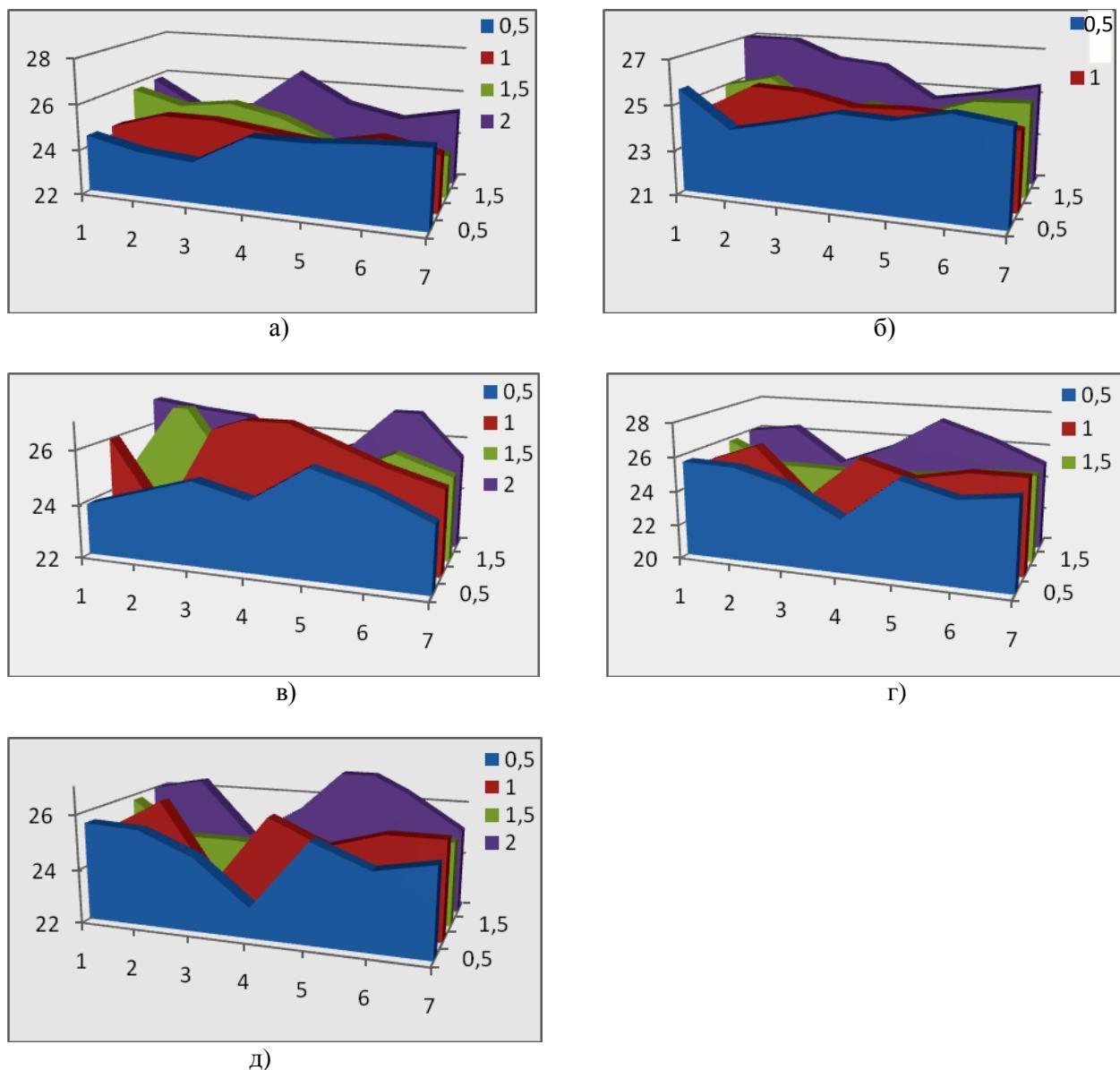


Рис. 6. Температура воздуха в помещении до включения сплит-системы в зоне со сгущённой измерительной сеткой: а) – на высоте 0,5 м; б) – на высоте 1,0 м; в) – на высоте 1,5 м; г) – на высоте 2,0 м; д) – на высоте 2,5 м

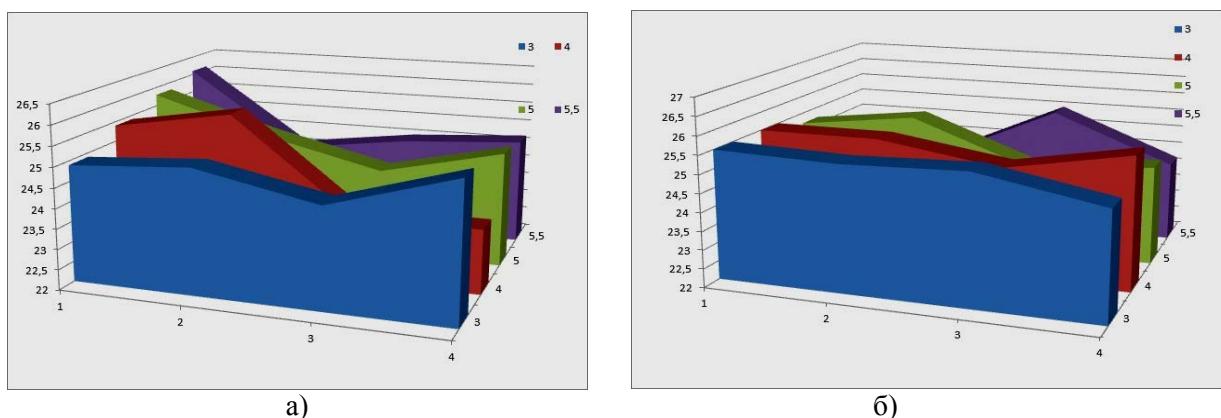


Рис. 7. Температура воздуха в помещении до включения сплит-системы в зоне с разряженной измерительной сеткой: а) – на высоте 1,0 м; б) – на высоте 2,0 м

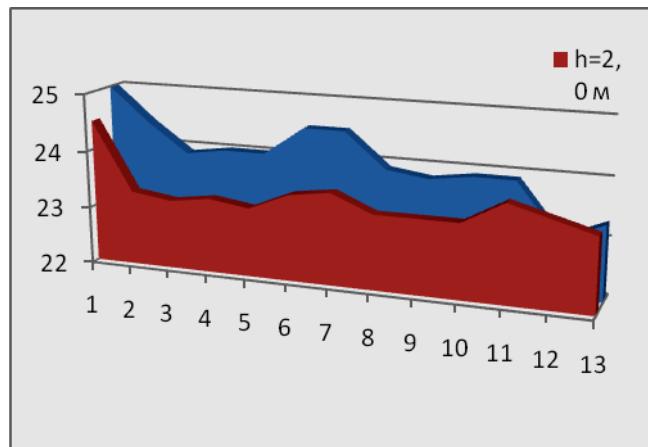


Рис. 8. Температура воздуха в помещении после кратковременной работы сплит-системы

### Заключение

Итак, изучена конструкция и принцип работы сплит-системы, а также влияние её на параметры воздуха в помещении при кратковременной работе. Разбив помещение на зоны, измерена температуру воздуха в пространстве помещения до и после кратковременной работы сплит-системы. Выявлено, что температура воздуха в помещении уменьшилась в среднем на 1,5 градуса, так как сплит-система в режиме охлаждения действовала кратковременно, а перемещение воздуха в помещении осуществляется за счёт разности плотностей холодного и тёплого воздуха, исследования показали, что при кратковременной работе сплит-системы холодный воздух сосредоточен в зоне действия сплит-системы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лабораторный практикум: метод. указания к выполнению лабораторных работ/ А. А. Цынаева, Е. А. Цынаева, Д. Л. Жуховицкий. – Самара : Самарский гос. арх.-строит. ун-т, 2013. – 94 с.
2. Коляда В. В. Кондиционеры. Принципы работы, монтаж, установка, эксплуатация: Рекомендации по ремонту. – М. : СОЛООН-Пресс, 2002. – 240 с.
3. Жуховицкий Д. Л. Сборник задач по технической термодинамике : учебное пособие. – 2-е изд. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 98 с.
4. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]: ГОСТ Р ИСО 5725-4-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 4. Основные методы определения правильности стандартного метода измерений. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru> – (дата обращения: 24.10.14).
5. Patent US3712078, Int. Cl F25d 19/02. Refrigeration unit / James G. Maynard, George F. Brown; assignee Krispin Engineering Limited. – № 201050; appl. 22.11.1971; опубл. 23.01.1973. – 6 р.
6. Пат. 2509959 С1 Российская Федерация, МПК F24F 3/00. Система обеспечения микроклимата / А. А. Цынаева, В. Н. Ковальнов, Е. В. Школин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновский государственный технический университет. – №2012137320/12; заявл. 31.08.12; опубл. 20.03.14., Бюл. №8. – 6 с.
7. Пат. 2519907 С2 Российская Федерация, МПК F24F 5/00. Система обеспечения микроклимата / А. А. Цынаева, В. Н. Ковальнов, Е. В. Школин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ульяновский государственный технический университет. – №2012137321/12; заявл. 31.08.12; опубл. 20.06.14., Бюл. №17. – 6 с.
8. Ковальнов Н. Н., Ртищева А. С., Цынаева Е. А. Автоматизированная система оптимального управления отоплением учебного заведения // Проблемы энергетики. Известия вузов. – 2007. – №3–№4. – С. 100–107.
9. Ковальнов Н. Н., Цынаева Е. А. Влияние параметров температурного графика центрального регулирования отпуска теплоты на эффективность использования автоматизированных систем управления теплопотреблением // Вестник УлГТУ. – 2007.– №1(37). – С. 55–58.
10. Цынаева Е. А., Цынаева А. А. Численное моделирование динамических режимов эксплуатации систем оптимизации теплопотребления зданий //Инновационные пути модернизации базовых отраслей промышленности, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей природной среды: сборник трудов I Межотраслевой научно-практической конференции молодых учёных и специалистов, 27–28 марта 2012 г., г. Харьков / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Х., 2012. – С. 245–247.

Благодарности: коллектив авторов благодарит студентов (Васильев А.С., Голиков В.А., Демченко А.М., Дудко А.С., Зеленков А.А., Зеленков И. А., Курочкина Е.А., Малаховский А. Л., Маркова А. Д., Парфенова О. В., Разоренов С.Е., Репьёва Е.С., Сафонова К.В., Сиднин С.В., Смирнов А.С., Стрелкова Ю.С., Усик О.О., Федотенков И.Д.) гр. Т-11 факультета Инженерных систем и природоохранных строительства ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет» за участие в проведении экспериментальных исследований.

Измаза. Аудио

*Цынаева Анна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» ФГБОУ ВПО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», доцент кафедры «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»*

верситет». Имеет статьи, патенты и учебные пособия в области теплоэнергетики, теплотехники и математического моделирования.

**Баринов Александр Юрьевич**, студент гр. Т-11  
ФГБОУ ВПО «Самарский архитектурно-строительный университет», область научных интересов теплотехника, системы теплогазоснабжения и вентиляции.

**Второва Лариса Игоревна, студентка гр. Т-11  
ФГБОУ ВПО «Самарский архитектурно-  
строительный университет», область научных  
интересов теплотехника, системы теплогазо-  
снабжения и вентиляции.**

*Данилина Анастасия Александровна, студентка гр. Т-11 ФГБОУ ВПО «Самарский архитектурно-строительный университет», область научных интересов теплотехника, системы теплогазоснабжения и вентиляции.*

Поступила 28.01.2015 г.

УДК 62-533.7

В. С. ШИГАЕВ

## РЕГУЛЯТОРЫ В СИСТЕМАХ С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Рассмотрены варианты реализации регуляторов в системах с экстремальным управлением. Описаны виды показателей экстремумов функции и их поиск. Приведены примеры методов измерения экстремума с периодическим поисковым сигналом.

Ключевые слова: регулятор с изменяемой структурой, экстремальная система управления, показатели экстремума, синхронное коммутирование и детектирование.

Классификацию регуляторов можно производить по различным признакам, и поэтому один и тот же регулятор может быть отнесён к различным классификационным группам.

По характеру используемой информации об условиях работы регуляторы подразделяют на регуляторы с жёсткими законами управления и структурой и регуляторы с изменяемыми структурой и законом управления. Эти регуляторы представляют собой, как правило, один из классов нелинейных регуляторов. К ним могут относиться устройства автоматической настройки, самообучающиеся и самоорганизующиеся сис-

темы. Сюда же можно отнести и экстремальные регуляторы, автоматически отыскивающие и поддерживающие такие значения регулирующих воздействий, при которых показатель качества работы объекта достигает экстремального значения [1].

В отличие от систем с настройкой по характеристикам объекта управления в экстремальных системах экстремальность достигается не за счёт изменения параметров управляющего устройства, а путём изменения входных сигналов объекта управления, и сам критерий оптимальности определяется естественными свойствами объекта управления, а не является искусственно вводимой мерой отклонения свойств реальной системы и её модели [2].

© Шигаев В. С., 2015