

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЗДАНИЙ****А. Л. Перекрест, Т. В. Карайбида**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: wey77@mail.ru

Решение задач энергосбережения в теплоснабжении зданий возможно за счет применения современных микропроцессорных средств автоматического изменения температур теплоносителя в зависимости от погодных условий. При этом от правильного выбора коэффициентов и уставок таких контроллеров зависит эффективность функционирования в целом систем теплоснабжения отдельных зданий. Решить задачу выбора рациональных настроек погодных контроллеров позволяет имитационное моделирование режимов работы систем отопления зданий при их достоверном математическом описании. В работе рассмотрена задача определения адекватного математического описания процессов в системах теплоснабжения учебных зданий при их запуске. В результате анализа обоснована общая структура систем автоматического регулирования отопления здания. Выполнен анализ подходов и способов решения задачи математического описания процессов в системах теплоснабжения зданий. Обосновано применение параметрической идентификации. Выбор наиболее приемлемой структуры параметрической модели системы отопления осуществлен с использованием итерационных алгоритмов пакета System Identification Toolbox MATLAB. По минимуму критериев качества выбрана модель системы отопления в виде последовательного соединения аperiodического звена второго порядка и звена запаздывания. Полученные результаты могут использоваться при моделировании систем отопления зданий для корректной настройки автоматических погодных регуляторов.

**Ключевые слова:** системы теплоснабжения, погодные регуляторы, идентификация.

**ИДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ****А. Л. Перекрест, Т. В. Карайбида**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: wey77@mail.ru

Вирішення задач енергозбереження в теплопостачанні будівель можливо за рахунок застосування сучасних мікропроцесорних засобів автоматичної зміни температур теплоносія залежно від погодних умов. При цьому від правильного вибору коефіцієнтів і уставок таких контролерів залежить ефективність функціонування в цілому систем теплопостачання окремих будівель. Вирішити завдання вибору раціональних налаштувань погодних контролерів дозволяє імітаційне моделювання режимів роботи систем опалення будівель при їх достовірному математичному описі. У роботі розглянуто задачу визначення адекватного математичного опису процесів у системах теплопостачання навчальних будівель при їх запуску. У результаті аналізу обґрунтовано загальну структуру систем автоматичного регулювання опалення будівлі. Виконано аналіз підходів і способів вирішення задачі математичного опису процесів у системах теплопостачання будівель. Обґрунтовано застосування параметричної ідентифікації. Вибір найбільш прийнятної структури параметричної моделі системи опалення здійснено з використанням ітераційних алгоритмів пакета System Identification Toolbox MATLAB. За мінімумом критеріїв якості вибрано модель системи опалення у вигляді послідовного з'єднання аperiodичної ланки другого порядку й ланки запізнювання. Отримані результати можуть використовуватися при моделюванні систем опалення будівель для коректної настройки автоматичних погодних регуляторів.

**Ключові слова:** системи теплопостачання, погодні регулятори, ідентифікація.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Важной структурой топливно-энергетического комплекса является теплоэнергетика, которая потребляет около 50 % топливных ресурсов нашей страны. Структура жилищно-коммунального хозяйства в Украине в основном нерациональна и неэффективна. При этом наиболее проблемной является сфера отопления конечных потребителей – жилых и административных зданий.

Система отопления здания должна на определенном уровне поддерживать температуру воздуха внутри помещений и на внутренних поверхностях ограждающих конструкций с целью обеспечения теплового комфорта – оптимальной температуры обстановки, благоприятной для жизни и деятельности людей в холодное время года [1]. Функционирование систем отопления зданий характеризуется определенной периодичностью в течение года и изменчивостью использования мощности установки, которая зависит, прежде всего, от метеорологических условий в холодное время года.

Существующие решения по изменению мощности систем отопления отдельных зданий в зависимости от наружной температуры связаны с применением методов качественно-количественного регулирования параметров теплоносителя [2]. Это достигается путем модернизации существующих тепловых пунктов зданий с установкой комплекса исполнительной арматуры, измерительной и управляющей аппаратуры в виде погодного регулятора (контроллера), например, Siemens RVD, Danfoss ECL Comfort и др. [3]. Принцип работы таких электронных регуляторов заключается в пропорционально-интегральном регулировании температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления здания, в зависимости от температуры наружного воздуха с коррекцией по температурам внутреннего воздуха и теплоносителя, возвращаемого в теплотель по определенному температурному графику отопления (рис. 1).

При этом показатели наклона  $s$  и параллельного

смещения графика отопления и коэффициенты ПИ-регулятора используются для подстройки контроллера под характеристики определенного здания, например, инерционность. Инерционность зданий в большой степени влияет на результат погодозависимого управления отоплением. Инерционность здания определяется значением постоянной времени здания, которое находится в диапазоне от 10 часов у панельных домов до 35 часов – у кирпичных домов. Контроллер индивидуального теплового пункта определяет на основании постоянной времени здания так называемую «комбинированную» температуру наружного воздуха, которая и используется в качестве корректирующего сигнала в автоматической системе регулирования температуры воды на отопление.

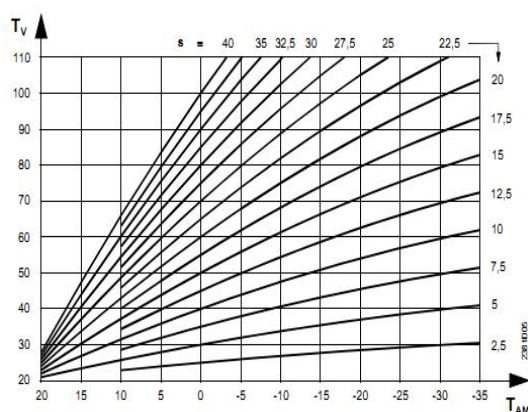


Рисунок 1 – График кривых отопления погодного контроллера Siemens RVD:  $s$  – наклон;  $T_{AM}$  – комбинированная температура наружного воздуха;  $T_v$  – температура подачи

Вместе с тем, процесс настройки контроллера под определенную систему отопления является весьма трудоемкой задачей. Так, например, для определения оптимальных коэффициентов ПИ-регулятора необходимо располагать данными по каналам управления и возмущения системы отопления, которые могут быть получены в результате ее идентификации. Описанные системы в стандартном исполнении не позволяют выполнить задачу идентификации в полном объеме, т.к. представляют собой только локальные, настроенные под выполнение только определенных задач автоматические цифровые устройства и, соответственно, не содержат массивов данных о ходе процесса управления.

Решить указанные недостатки может совершенствование самих автоматических приборов с возможностью хранения данных или же устройство полнофункциональных автоматизированных систем управления, в которых на локальном уровне будут выполняться задачи автоматического регулирования параметров, а задание на обработку будет формироваться на основе архива процесса управления с диспетчерского уровня.

Один из вариантов описанных автоматизированных систем реализован в Кременчугском национальном университете имени Михаила Остроградского для удаленного контроля температурных ре-

жимов и управления тепловыми пунктами систем отопления учебных корпусов [4]. Система управления состоит из промышленного оборудования и обеспечивает благодаря разработанному программному обеспечению текущий контроль температурных режимов систем отопления учебных корпусов и оперативное изменение заданий на температуры теплоносителя. Данная система использует имеющуюся в университете локальную телекоммуникационную сеть для передачи данных о режимах работы тепловых систем отдельных зданий на центральный Web-сервер. Она обеспечивает необходимый уровень надежности и быстродействия, имеет коммуникацию с сетью Internet. Разработанное программное обеспечение позволяет достоверно считывать текущие данные, формировать отчетные статистические данные из теплового счетчика и электронного регулятора и гарантированно записывать сигналы управления в электронный регулятор за счет использования промышленного протокола OPC (OLE for Process Control).

Для качественного моделирования процессов и усовершенствования существующих способов управления необходимо иметь адекватное математическое описание происходящих в системе отопления процессов. С точки зрения теории управления системы отопления зданий являются сложными объектами с распределенными параметрами и разветвленными трубопроводными сетями, а процессы, происходящие в них, сложно поддаются четкой формализации [5].

С учетом сказанного, целью данной работы является исследование процессов в системах отопления учебных зданий при переходных режимах и разработка адекватной математической модели.

#### МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Процедуру построения модели принято называть идентификацией. Под идентификацией динамических объектов понимают процедуру определения структуры и параметров их математических моделей, которые при одинаковых входных сигналах объекта и модели обеспечивают близость выхода модели к выходу объекта по выбранному критерию качества. Обычно идентификация – многоэтапная структура. Основными ее этапами являются структурная, параметрическая идентификации и проверка адекватности. Структурная идентификация заключается в определении структуры математической модели на основании теоретических соображений. Параметрическая идентификация включает в себя проведение идентифицирующего эксперимента и определение оценок параметров модели, обладающих свойствами эффективности и достаточности. Проверка адекватности является проверкой качества модели с помощью выбранного критерия сходства выходов модели и объекта [6, 7].

Существующие методы параметрической идентификации позволяют определить параметры объекта управления при заданной структуре его математической модели по имеющимся экспериментальным данным, при этом не требуется информация о законах распределения случайных значений параметров объекта. Учитывая сложность и распреде-

ленность систем отопления, целесообразно выполнить параметрическую идентификацию объекта управления, воспользовавшись экспериментальными переходными характеристиками.

Таким образом, для получения достоверной модели процессов в системе отопления наиболее целесообразно использовать экспериментальный метод, при котором активный и пассивный эксперименты позволяют получить адекватное математическое описание происходящих в системе отопления процессов. При этом пассивный эксперимент может быть проведен без активного участия человека-оператора в результате самостоятельного хода процесса. Проведение же активного эксперимента для систем отопления возможно только при отработке заранее известных уровней определенных факторов, требует трудоемкого планирования и выполнения эксперимента.

Существуют различные структуры и подходы к математическому описанию процессов, происходящих в системах отопления [5, 8, 9]. Так в [5] для математического описания рассматриваемых систем используется структурно-вероятностный метод, основанный на комбинировании аналитического и вероятностно-статистического подходов. Особенность этого метода заключается в том, что вид исходных уравнений, определяющих параметры функционирования систем теплоснабжения, принимается на основе математического анализа физических процессов, протекающих в этих системах. Некоторые из коэффициентов, входящих в эти уравнения, могут определяться путем соответствующих расчетов, а некоторые – на основе натурного эксперимента, проводимого с целью идентификации объекта.

В [8] изложены принципы системного анализа здания как единой тепло-энергетической системы. Авторы предлагают методику построения математической модели здания, основанную на его декомпозиции тремя основными теплоэнергетически взаимосвязанными подсистемами: энергетическим воздействием наружного климата на оболочку здания; энергией, содержащейся в оболочке здания; энергией, содержащейся внутри объема здания.

В работе [9] обработка результатов эксперимента с помощью предложенной модели позволяет найти реальные коэффициенты параметров теплового контура, такие как теплоемкость стен и перекрытий, теплоотдача отопительных приборов, коэффициенты излучения тепла через окна и двери.

Кроме того, решение задачи идентификации для энергетики рассмотрено в [10]. При этом определено место идентификации в ряде задач энергетики и отражена ее важность при расчетах на всех уровнях энергосистемы, непосредственно генерации, передаче, распределения и потребления.

В результате априорного анализа перечня входных переменных были отобраны и включены в состав модели приоритетные переменные, оказывающие наиболее сильное воздействие на выходную переменную – температуру обратного трубопровода. В первую очередь, в их состав включены управляющие входные переменные, с помощью которых

осуществляется регулирующее воздействие на систему отопления.

Рассматривая систему отопления как энергетический объект, целесообразно в качестве управляющего воздействия использовать изменение тепловой мощности, считываемой с теплового счетчика, которая определяет температурный режим процессов, их производительность, а также качество отопления. Кроме основного воздействия, влияющего на качество системы отопления, есть другие воздействия: изменение температуры подающего трубопровода, изменение расхода теплоносителя и др. Учитывая большую теплоемкость здания и значительную инерционность (переходной процесс длится часами) по каналу регулирования «мощность потребления теплоносителя»–«температура в помещениях здания», целесообразно в качестве основной управляемой переменной выбрать температуру теплоносителя, подаваемого в систему отопления здания. Инерционность по каналу регулирования «мощность потребления теплоносителя»–«температура подающего теплоносителя» существенно меньше. В случае использования в качестве основной регулируемой переменной внутренней температуры помещения необходимо вводить дополнительный контур регулирования температуры подающего теплоносителя как быстро реагирующее корректирующее воздействие на медленноменяющуюся инерционную температуру в помещении. Следует также отметить, что в температуре обратного трубопровода системы отопления опосредованно отражаются все возмущающие воздействия на систему отопления. Поэтому в целом системы отопления являются достаточно сложными многомерными объектами и их внутренняя температура помещения определяется не только основным входным воздействием, но и всеми перечисленными воздействиями.

Анализ существующих подходов и способов идентификации процессов в системах отопления позволил заключить следующие начальные положения (рис. 2):

– задающей является величина тепловой мощности, которая зависит от текущего расхода теплоносителя и разности его температур на входе и выходе:

$$P = Qc(T1 - T2), \quad (1)$$

где  $P$  – тепловая мощность системы отопления, Вт;  $Q$  – расход теплоносителя, м<sup>3</sup>/с;  $c$  – коэффициент теплоемкости теплоносителя, Дж/(м<sup>3</sup>·°C);  $T1$  – температура теплоносителя на входе в систему отопления, °C;  $T2$  – температура теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления, °C;

– выходной регулируемой координатой является температура обратного теплоносителя с системы отопления;

– управляемыми координатами являются величины расхода и температуры теплоносителя, подаваемого в систему отопления, а также температура воздуха внутри здания.

Массив входных и выходных данных получен с помощью автоматизированной системы сбора дан-

ных и управления тепловым пунктом конкретного здания [4].

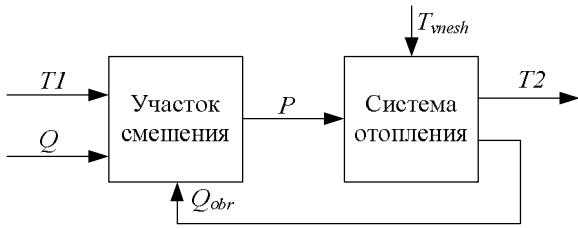


Рисунок 2 – Обобщенная структура системы автоматического управления отоплением здания

Исследование процессов проводится в системе отопления учебного корпуса № 2 Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. В результате проведенного эксперимента был получен массив среднечасовых значений

параметров, состоящий из входных данных – температуры подающего трубопровода и мощности системы отопления и выходного параметра – температуры обратного трубопровода. Интервал дискретизации, через который производились измерения входных и выходных величин в ходе эксперимента, был принят равным одному часу. Этот массив данных содержит необходимую информацию о входных и выходных параметрах объекта, их значениях и размерностях измерений.

Графики температуры подающего трубопровода  $T_1$ , тепловой мощности  $P$ , расхода теплоносителя  $Q$ , температуры обратного трубопровода  $T_2$ , внешней  $T_{vnesh}$  и внутренней  $T_{vnutr}$  температуры при запуске системы отопления корпуса № 2 КрНУ за 2012 и 2013 годы представлены на рис. 3.

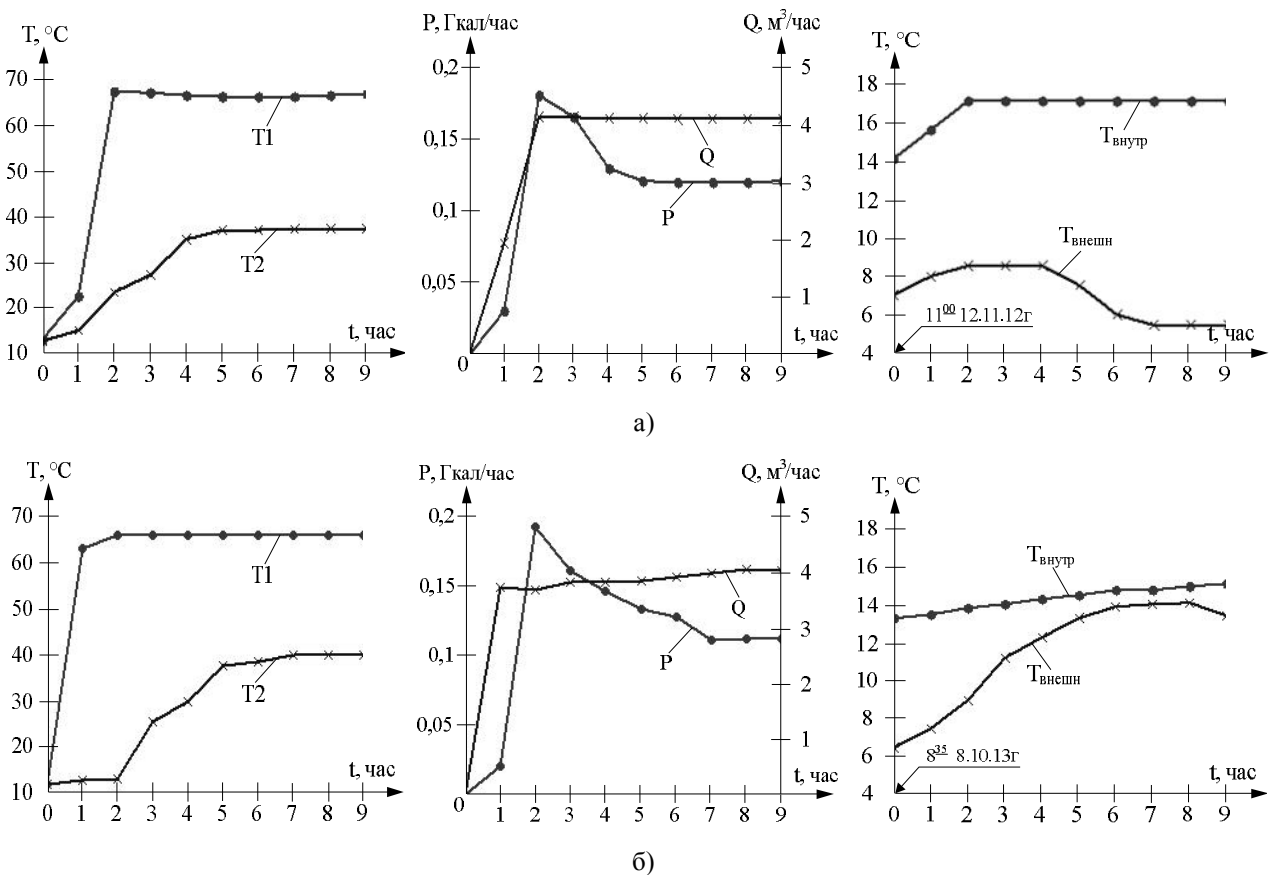


Рисунок 3 – Переходные процессы при запуске системы отопления корпуса № 2 КрНУ: а) в 2012 году; б) в 2013 году

Для исследования работы системы отопления учебного здания проведен анализ переходных процессов основного параметра системы отопления – температуры обратного трубопровода с определением времени регулирования, постоянных времени и постоянной величины отклонения от установившегося значения (обычно 2–5 % от  $T_{2уст}$ , принимаем  $\pm 1^\circ\text{C}$ ) (табл. 1). Графики переходных процессов температуры обратного трубопровода  $T_2$  при запуске системы отопления корпуса № 2 КрНУ в 2012 и 2013 годах представлены на рис. 4.

Коэффициент преобразования  $k$  характеризует за-

висимость между тепловой мощностью (температурой прямого трубопровода) и температурой обратного трубопровода, зависит от совокупности внешних и внутренних возмущающих факторов, типа здания. Постоянные времени  $T$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  зависят от разновидности самой системы отопления, протяженности трубопроводов, количества и типа отопительных приборов. На рис. 4 (2013 г.) видно также звено запаздывания с постоянной времени запаздывания  $T_d$ , что вполне обосновывается транспортной задержкой.

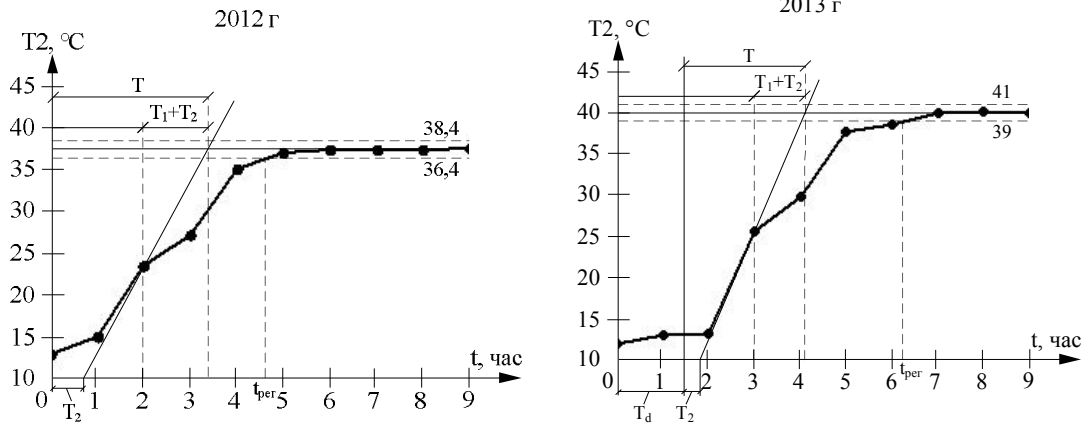


Рисунок 4 – К определению основных показателей переходных процессов

Таблица 1 – Первичные показатели переходных процессов

Параметры	$k_{(P)}$	$k_{(T1)}$	$T, \text{ч}$	$T_1, \text{ч}$	$T_2, \text{ч}$	$T_d, \text{ч}$	$t_{\text{пер}}, \text{ч}$
2012 г.	311,5	0,56	2	1,12	0,5	0	4,65
2013 г.	358,4	0,61	3	0,7	0,4	1,5	6,3

Для построения математических моделей динамических систем по измеренным данным входа и выхода реальной системы использованы возможности System Identification Toolbox (SIT) пакета MATLAB. С помощью SIT можно выполнять идентификацию системы как черного ящика для оценки параметров определенной пользователем модели. Можно использовать идентифицированную модель для предсказания отклика системы и для симуляции в Simulink. SIT также позволяет пользователю моделировать данные временной последовательности и выполнять прогнозирования временной последовательности [7]. Полученные модели в пакете SIT являются дискретными и могут представляться в трех видах матричного представления моделей. Первая форма представления – в так называемом тета-формате (для временных моделей), вторая – в частотном формате (для частотных характеристик) и третья – в формате нулей и полюсов.

Для выбора наиболее приемлемой структуры и вида моделей при параметрическом оценивании экспериментальных данных в пакете SIT MATLAB имеются специальные функции параметрического оценивания, задания, изменения и уточнения структуры модели.

Подбор параметров модели выбранной структуры проводится путем минимизации критерия качества модели – среднего квадрата рассогласования выходов объекта и его модели. Для численной оценки моделей в SIT используются остаточная сумма квадратов ошибки (*Loss function, LF*), окончательная ошибка прогноза Акейке (*Akaike's Final Prediction Error, FPE*) и среднеквадратичное рассогласование (*Best Fits, BF*). Определение этих двух критериев тесно связано [6].

Остаточная сумма квадратов ошибки (*Loss function, LF*) – так называемый теоретический информационный критерий Акейке (*Akaike's*

*Information Theoretic Criterion*) – определяется выражением вида

$$LF = \log(V) + \frac{2d}{N}, \quad (2)$$

где  $V$  – функция потерь;  $d$  – число оцениваемых параметров;  $N$  – число данных оценки.

Информационный критерий Акейке является мерой качества модели, имитируя ситуацию, когда модель тестируется на другом наборе данных.

Окончательная ошибка прогнозирования Акейке (*Akaike's Final Prediction Error, FPE*) определяется по следующему выражению

$$FPE = V \left( \frac{1 + \frac{d}{N}}{1 - \frac{d}{N}} \right). \quad (3)$$

После вычисления нескольких различных моделей имеется возможность сравнить их по этим критериям. Согласно теории Акейке, наиболее точная модель имеет наименьшие значения  $FPE$  и  $LF$ .

Также SIT предоставляет еще один критерий адекватности – среднеквадратичное рассогласование, который отображает меру совпадения экспериментальных и прогнозируемых данных в процентах (*Best Fits, BF*) и вычисляется по выражению

$$BF = \left( 1 - \frac{|y - \hat{y}|}{|y - \bar{y}|} \right) 100\%, \quad (4)$$

где  $y$  – измеренные выходные данные;  $\hat{y}$  – моделируемый выход модели;  $\bar{y}$  – среднее значение  $y$ .

Значение *Best Fits* = 100 % соответствует идеальному совпадению параметрической модели, а *Best Fits* = 0 % означает, что модель совсем не подходит.

Таким образом, загружаем в рабочую область данные, входными сигналами являются мощность  $P$  и температура  $T1$ , а выходным – температура  $T2$ , и приступаем к оцениванию параметрических моделей, указав в SIT (вкладка моделирования процессов) структуру модели. Выбор наиболее рациональной и адекватной структуры модели СО здания по различным каналам произведен из следующих передаточных функций:

$$W_1(s) = \frac{K}{Ts+1}; \quad (5)$$

$$W_2(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)}; \quad (6)$$

$$W_3(s) = \frac{K}{Ts+1} e^{-Td^s}; \quad (7)$$

$$W_4(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)} e^{-Td^s}. \quad (8)$$

Для нахождения коэффициентов указываем  $T_2, ^\circ\text{C}$

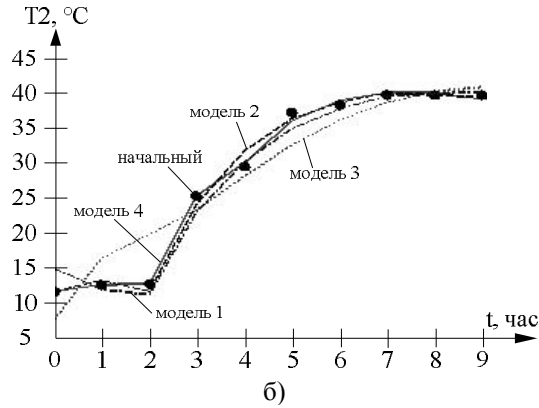
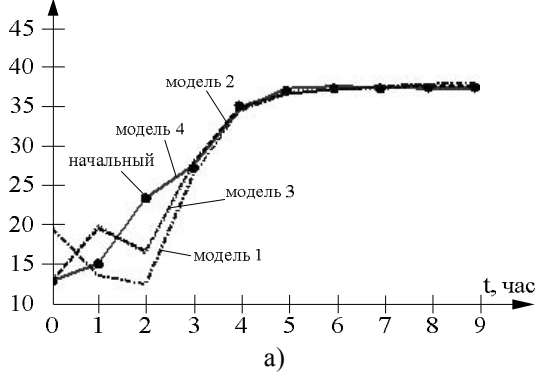


Рисунок 5 – Переходные характеристики системы отопления корпуса № 2 по каналу «Р–Т2»: а) в 2012 г.; б) в 2013 г.

область их допустимых значений, руководствуясь данными табл. 1.

Результаты проведения параметрической идентификации по разным каналам для корпуса № 2 КрНУ за 2012 и 2013 годы представлены на рис. 5, 6, а численные значения параметров моделей и коэффициентов по (2)–(4) сведены в табл. 2, 3.

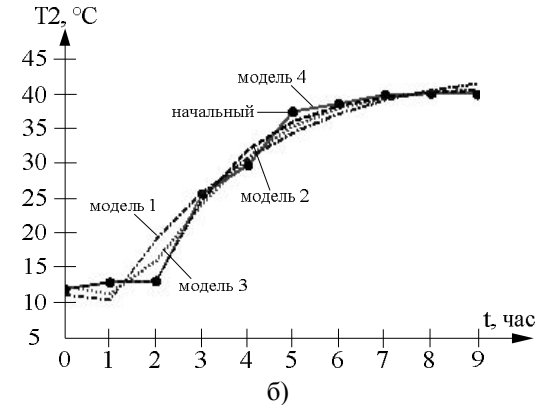
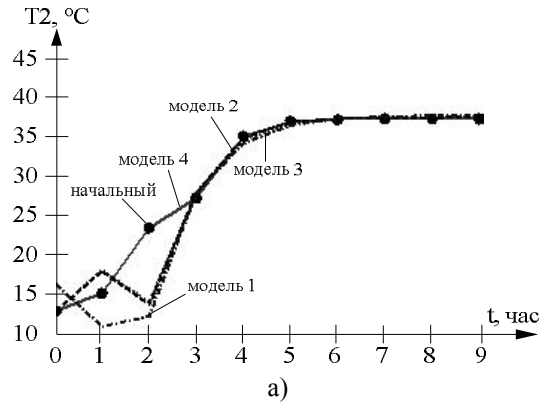


Рисунок 6 – Переходные характеристики системы отопления корпуса № 2 по каналу «Т1–Т2»: а) в 2012 г.; б) в 2013 г.

Таблица 2 – Результаты параметрической идентификации учебного корпуса

Параметры		$k_{(P)}$	$k_{(T1)}$	$T, \text{ ч}$	$T_1, \text{ ч}$	$T_2, \text{ ч}$	$T_d, \text{ ч}$	$t_{\text{пер}}, \text{ ч}$
Расчетные по каналу «Р–Т2»								
2012 год	$W_1(s)$	319,5	–	2,75	–	–	–	4,92
	$W_2(s)$	316,9	–	3,02	–	–	0,03	4,85
	$W_3(s)$	312,7	–	–	2,76	0,1	–	4,73
	$W_4(s)$	307,9	–	–	3,04	0,04	0,38	4,65
2013 год	$W_1(s)$	374,4	–	4,63	–	–	–	6,5
	$W_2(s)$	349,2	–	3,72	–	–	0,05	6
	$W_3(s)$	350,5	–	–	3,03	3,05	–	7
	$W_4(s)$	314,1	–	–	3,31	0,27	1,1	5,9
Расчетные по каналу «Т1–Т2»								
2012 год	$W_1(s)$	–	0,57	1,08	–	–	–	4,97
	$W_2(s)$	–	0,57	0,83	–	–	0,26	4,74
	$W_3(s)$	–	0,57	–	0,26	0,85	–	4,78
	$W_4(s)$	–	0,56	–	0,74	0,04	0,49	4,65
2013 год	$W_1(s)$	–	0,67	3,18	–	–	–	6,93
	$W_2(s)$	–	0,62	1,72	–	–	0,85	6,55
	$W_3(s)$	–	0,62	–	1,27	1,26	–	6,65
	$W_4(s)$	–	0,61	–	0,31	0,29	3,58	6,25

Таблица 3 – Значения критериев адекватности полученных моделей для корпуса № 2 КрНУ за 2012 и 2013 годы

Вид модели	Для канала P-T2				Для канала T1-T2			
	2012 год		2013 год		2012 год		2013 год	
	FPE/ LF	BF, %	FPE/ LF	BF, %	FPE/ LF	BF, %	FPE/ LF	BF, %
(5)	29,01/19,34	55,54	4,59/3,06	85,88	27,14/18,1	57	9,97/6,65	79,2
(6)	17,08/9,2	72,3	2/1,34	91,57	26,75/14,4	65,34	2,26/1,22	91,96
(7)	18,42/9,92	71,24	30,53/16,44	70,45	25,9/13,94	65,9	5,18/2,79	87,82
(8)	0,22/0,116	97,4	1,54/0,83	95,46	0,003/0,001	99,75	0,019/0,008	99,69

Из табл. 3 видно, что наиболее точной математической моделью объекта управления по каналу «P-T2» и каналу «T1-T2» является модель аperiодического звена второго порядка со звеном запаздывания.

**ВЫВОДЫ.** Идентификация системы отопления учебного здания проводилась с целью получения модели объекта, необходимой для синтеза системы автоматизации и получения основных характеристик объекта автоматизации.

В результате проведенных экспериментов был получен массив данных, состоящий из среднечасовых входных параметров – температуры подающего трубопровода и мощности системы отопления и выходного параметра – температуры обратного трубопровода, измеренные через временные промежутки в один час.

В ходе сравнительной оценки различных моделей системы отопления определена модель с передаточной функцией в виде последовательного соединения аperiодического звена второго порядка и звена запаздывания, значение критерия адекватности которой максимальное и, следовательно, может быть использовано в дальнейшем при анализе и синтезе системы отопления учебного здания.

В дальнейшем необходимо составить математическое описание процессов в системах отопления учебных корпусов при отработке типовых воздействий.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.

2. Пырков В.В. Особенности современных систем водяного отопления. – К.: Такі справи, 2003. – 176 с.

3. Пырков В.В. Современные тепловые пункты: Автоматика и регулирование. – К.: Такі справи, 2007. – 252 с.

4. Перекрест А.Л., Найда В.В., Романенко С.С. Оперативный контроль температурных режимов и управление тепловыми пунктами зданий учебного заведения // Вісник Кременчуцького національного університету. – 2013. – Вип. 3/2013 (80). – С. 35–43.

5. Чистович С.А., Аверьянов В.К., Темпель Ю.Я., Быков С.И. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.

6. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Пер. с англ.; под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука, 1991. – 432 с.

7. Дьяконов В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. – СПб.: Питер, 2001. – 444 с.

8. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.

9. Пуговкин А.В., Купреков С.В., Абушкин Д.В., Заречная И.А., Муслимова Н.И. Математическая модель теплоснабжения помещений для АСУ энергосбережения // Доклады ТУСУРа. – Томск, 2010. – Вып. 2/2010 (22), часть 1. – С. 293–298.

10. Лутчин Т.М. Задача ідентифікації в енергетиці // Вісник Кременчуцького національного університету. – Кременчук, 2013. – Вип. 5/2013 (82). – С. 33–38.

**IDENTIFICATION OF THE PROCESSES IN HEATING SYSTEMS IN EDUCATIONAL BUILDINGS**

**A. Perekrest, T. Karaybida**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: wey77@mail.ru

The problems of energy saving in buildings heat supply may be solved by using modern microprocessor aids of automatic temperature change depending on weather conditions. In this case the efficiency of the individual buildings heating systems in general depends on the correct choice of the coefficients and settings of such the controllers. Simulation technique of the heating buildings in their reliable mathematical formulation allows solving the problem of rational choice of the weather controllers' settings. In the paper, the problem of determining of the reliable mathematical formulation of the processes in the educational buildings heating systems during their start was considered. General structure of automatic control of the heating buildings was grounded on basis of the analysis. The approaches and solutions methods of the problems of mathematical formulation of the processes in heating buildings were analyzed. The parametric identification application was grounded. Selection of the most appropriate structure of a parametric model of the heating system was done using the iteration algorithm of the Package System Identification Toolbox MATLAB. The model of the heating system was chosen by the minimum quality criteria in the form of a serial connection of the second-order aperiодic link and the time lag element. The obtained results can be used for the building heating systems modeling to correct adjustment of automatic weather regulators.

**Key words:** heating systems, weather regulators, identification.

## REFERENCES

1. Bogoslovsky, V.N. (1979), *Teplovoy regim zdaniya* [Thermal regime of the building], Stroiizdat, Moscow, Russia.
2. Pyrkov, V.V. (2003), *Osobennosti sovremennyh system vodyanogo otopleniya* [Features of modern water heating systems], Taki spravy, Kiev, Ukraine.
3. Pyrkov, V.V. (2007), *Sovremennyye teplovyye punkty: Avtomatika i upravlenie* [Modern heat points: Automation and control], Taki spravy, Kiev, Ukraine.
4. Perekrest, A.L., Naida, V.V., and Romanenko, S.S. (2013), "Operational control of temperature conditions and management thermal paragraphs educational buildings", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, vol. 80, no. 3, pp. 35–43.
5. Chistovich, S.A., Averiyarov, V.K., Tempel, Yu.Ya. and Bykov, S.I. (1987), *Avtomatizirovannyye systemy teplosnabzheniya i otopleniya* [Automated of heat supply system and heating], Stroiizdat, Leningrad, Russia.
6. Ljung, L. (1991), *Identifikaciya sistem: Teoriya dlya polzovatelya* [Identification systems. Theory for the User], Translated by Tsypkin, Ya.Z., Nauka, Moscow, Russia.
7. Dyakonov, V. and Kruglov, V. MATLAB. *Analiz, identifikaciya i modelirovanie sistem* [MATLAB. Analysis, identification and modeling systems], Piter, St. Petersburg, Russia.
8. Tabunschikov, Yu.A. and Brodach, M.M. (2002), *Matematicheskoe modelirovanie i optimizaciya teplovoy effektivnosti zdaniy* [Mathematical modeling and optimization of thermal efficiency of buildings], AVOK-PRESS, Moscow, Russia.
9. Pugovkin, A.V., Kuperkov, S.V., Abushkin, D.V., Zarechnaya, I.A., and Muslimova, N.I. (2010), "Mathematical model of heat supply premises for ASU energy saving", *Doklady TUSUR*, vol. 2, no. 22, pp. 293–298.
10. Lutchin, T.M. (2013), "Problem identification in the energy sector", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, vol. 5, no. 82, pp. 33–38.

Стаття надійшла 04.04.2014.