

# К ВОПРОСУ ОБ УПРАВЛЕНИИ ТЕПЛОВЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Савицкий С.М., Евсеенко О.Н., Выскребенцев В.О.

<sup>1</sup>Кафедра автоматики и управления в технических системах, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Украина, E-mail: savitskiy.s@ukr.net

*Доклад посвящен исследованию математической модели экстраполятора системы программного управления инерционными тепловыми объектами. Модель представлена в виде рекуррентной формулы, где учитываются переходные процессы в тепловом объекте с помощью массива коэффициентов соответствия, и которая позволяет реализовать процесс вычисления реакции теплового объекта на базе современных микроконтроллеров, что дает возможность рассчитать величину управляющего воздействия. Предложено построить математические модели и структурные схемы систем программного управления с предсказанием как для объектов с сосредоточенными параметрами, так и для объектов с распределенными параметрами, которые имеют свойства линейного объекта с самовыравниванием.*  
**Ключевые слова:** математическая модель, инерционные объекты, предсказывающий фильтр.

## I. Вступ

Непрерывный рост цен на энергоносители делает все более актуальным внедрение современных принципов и алгоритмов управления, методов моделирования и информационных технологий в процесс распределения тепловой энергии в жилых и офисных зданиях и сооружениях. Необходимость резкого повышения энергоэффективности систем теплоснабжения заставляет отказаться от простой термостабилизации в помещениях в пользу гибких законов изменения температуры в зависимости от времени суток, дня недели, суточного прогноза погоды, наличия в помещении людей и ряда других факторов.

## II. Математическая модель объекта управления

Большая инерционность тепловых процессов исключает возможность применения классических законов управления, что привело к переходу к системам с предсказанием [1,2,3]. В работах [4,5,6,] описаны методы управления точечными инерционными объектами с предсказанием. При этом закон изменения температуры в точке размещения датчика может быть произвольным. Обладая тем достоинством, что для объекта управления нет надобности составлять математическое описание (передаточную функцию), указанные методы имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих область их применения. К таким недостаткам следует отнести невозможность учета внутреннего тепловыделения, которое может иметь место, например, за счет работающих приборов, саморазогревающихся материалов, биологических объектов. Другим важным ограничением на применение указанных методов является отсутствие учета теплопотерь за счет вентиляции.

Дальнейшее совершенствование управления с предсказанием видится за счет включения в структуру системы управления двумерных и трехмерных математических моделей теплового объекта. В работе сделана попытка разработать модель теплового объекта с регулируемыми и нерегулируемыми источниками тепла (приборы, компьютеры, и пр.), наличием вентиляции и

включить эту модель в контур управления системы с предсказанием, описанной в работах [7,8].

На рисунке 1 представлена модель аудитории, включающая два окна, дверь, кондиционер и вентиляцию.

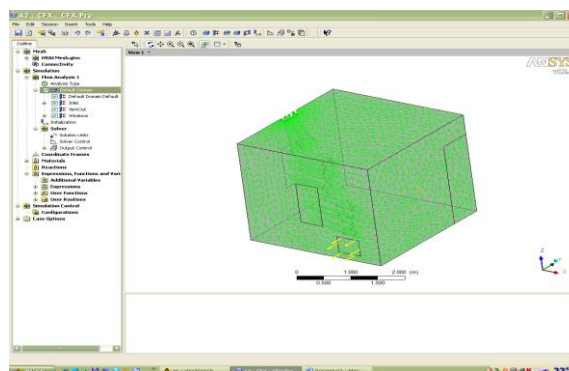


Рисунок 1 – Исследование модели аудитории после задания граничных условий

В качестве управляемых источников тепла выступают радиаторы центрального отопления. Модель реализована в пакете ANSYS. В разработанной модели объекта управления используется ряд ограничений, упрощающих процесс моделирования, но несущественно влияющих на точность результатов. К таким ограничениям относится отсутствие перетоков тепла через внутренние боковые стены, пол и потолок помещения (считаем, что за этими элементами – такая же температура). Не учитывается, в виду его малости, теплообмен за счет излучения.

Исследование статической модели аудитории позволяет определить зоны с минимальной и максимальной температурами, зону с наибольшим градиентом температур. Важным моментом, влияющим на результаты моделирования процесса управления, является выбор точки размещения датчика температуры, для которого реализуется программа изменения температуры. Именно в этой точке необходимо снимать разгонную характеристику, описанную в работе [4]. С тепловой моделью (рис. 2, 3, 4)

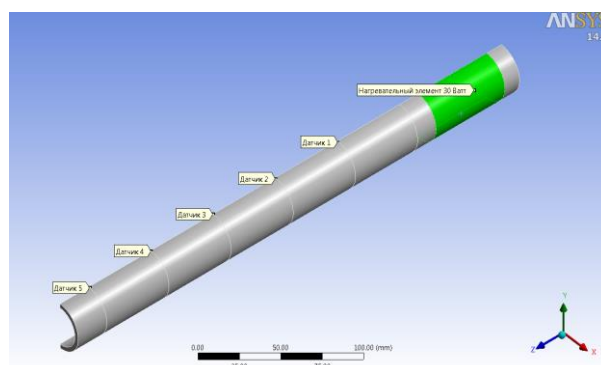


Рисунок 2 – Построение модели одномерного теплового объекта.

проведено исследование алгоритмов управления с предсказанием для точечного объекта управления с

возможностью реализации ступенчатой функции управления [6] и с ШИМ регулированием.

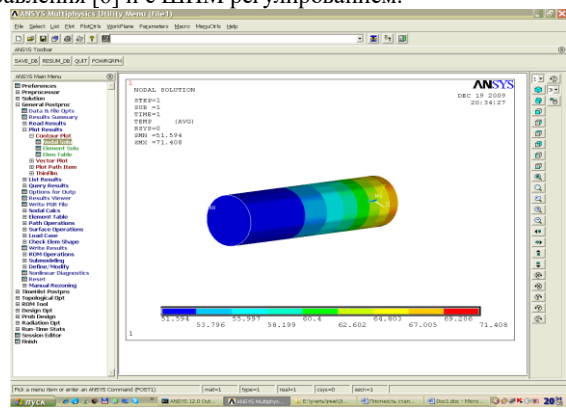


Рисунок 3 – Исследование модели как точечного объекта управления

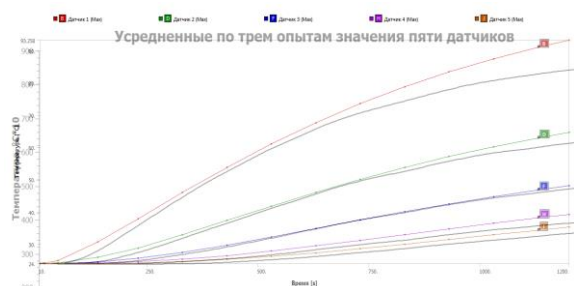


Рисунок 4 – Получение переходных характеристик

Так как физический эксперимент (рис. 5) показал, что очень тяжело выдержать начальные условия, так как изменение температуры окружающей среды, конвекционная составляющая, постоянно изменяющийся коэффициент теплообмена существенно влияют на экспериментальные данные, практически невозможное сокращение длительности времени проведения натурального эксперимента, показало, что применение математического моделирование существенно упрощает проведение эксперимента. Исследования показали, что исследуя тепловой объект в натурном виде температура выходит на установившийся режим в течении 40 минут, а также необходимо около 1 часа, чтобы вернуть исследуемый объект в начальные условия. Компьютерное моделирование в пакете Ansys и SolidWorks показало, что подобная модель обрабатывается около 10-20 минут, в зависимости от варьирования разбиения на конечные элементы, а возврат к начальным условиям происходит по одному нажатию клавиши.



Рисунок 5 – Натурное исследование объекта на распределение температурного поля по его поверхности

### III. Висновки

Несмотря на отдельные недостатки в методе и модели, результаты эксперимента позволяют сделать вывод о перспективности предложенных решений для внедрения в народное хозяйство.

Научная новизна. Приведены формулы, описывающие процесс управления инерционным объектом. Выведены формулы, описывающие программное регулирование с предсказанием инерционным объектом для системы с одним датчиком и одним исполнительным устройством при подаче на нее управляющего воздействия ступенчатой формы.

Практическая ценность работы заключается в том, что рассмотренная математическая модель достаточно точно описывает процесс управления с предсказанием. На основе математической модели разработана структурная схема и алгоритм функционирования системы управления с предсказывающим фильтром.

Перспективы исследований. Планируется провести исследования и применить данный подход управления с предсказанием поведения объекта для управления системами с распределенными параметрами.

### IV. Список літератури

1. А.Г. Бутковский. Методы управления систематми с распределенными параметрами. М. Наука. Главн. ред. физ-мат. лит-ры. 1975.- 568 с.
2. Бутковский А.Г. Характеристики систем с распределенными параметрами: Справ. Пособие. – М.: Наука, 1979. – 224 с.
3. Ивахненко А. Г., Лапа В.Г. Предсказание случайных процессов. – Киев, Наукова думка, - 1971 – 415 с.
4. Савицкий С.М. Методы программного регулированных инерционных тепловых объектов с предсказывающим фильтром/ Савицкий С.М., Гапон А.И. // Вісник НТУУ «КПІ», приладобудування. – 2011. – № 42. – С. 127-138.
5. Гапон А.И. Математическая модель предсказывающего фильтра для системы управления тепловыми объектами/ Гапон А.И., Рудакова Н.А., Савицкий С.М., Коркин А.М. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2010. – № 20. – С. 27-33.
6. Гапон А.И. Метод программного регулирования инерционным объектом для системы с одним датчиком и одним исполнительным устройством / Гапон А.И., Савицкий // научный журнал ХНУРЕ, автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2011. – № 155. – С. 87-92.
7. Гапон А.І. Математична модель метода програмного керування інерційним об'єктом / Гапон А.І., Савицький С.М., Рудакова Н.А. // Вісник НУ «Львівська політехніка» до 3 міжнародної конференції молодих вчених ЕРЕС-2011. – 2011. – № 3. – С. 112-115zv.
8. Гапон А.И. Управление с предсказанием объектами с распределенными параметрами/ Гапон А.И., Савицкий С.М., Рудакова Н.А., Коркин А.М. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2011. – № 11. – С. 11-17.