

цессе сополимеризации в режиме «in situ». Протекторные резиновые на основе модифицированных каучуков имеют низкое сопротивление качению, высокое сцепление на мокрой дороге, высокую износостойкость.

#### Список литературы

1. Осошник И.А., Карманова О.В., Шутилин Ю.Ф. технология пневматических шин. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2004, 508 с.

2. Фаляхов М.И., Лынова А.С., Карманова О.В., Михалева Н.А Исследование эксплуатационных свойств резин на основе синтетического бутадиен-стирольного каучука дсск-2560-М27 ВВ //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1 (67). С. 146-150.

**УДК 681.5**

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ**

*Бакаленко В.И., Дейнека Т.А.*

*УО Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Беларусь*

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы визуализации переходных процессов в системах автоматического регулирования. Предлагается применение среды графической разработки LabVIEW. Приведена виртуальная система регулирования параметров системы теплоснабжения с возможностью изменения характеристик объекта управления и регулятора.

Увеличение объема информации делает необходимым применение качественно новых методов обучения, способствующих лучшему усвоению предлагаемого материала. Одним из таких методов является визуализация массивов данных, которая позволяет

представлять информацию в более компактном и удобном для анализа виде. Кроме того, человек воспринимает изображение значительно быстрее, чем табличную или текстовую информацию.

При описании динамических процессов в системах контроля и регулирования наибольшее распространение получило представление информации в виде графиков, где ось абсцисс представляет собой текущее время. Применение производительных компьютеров делает возможным построение графиков в реальном масштабе времени, что позволяет наблюдать в динамике за изменением параметров системы и оперативно вносить в процесс корректирующие действия.

Среди программных продуктов, позволяющих решать разнообразные задачи в области моделирования процессов контроля и регулирования можно выделить графическую среду программирования LabVIEW разработанную компанией National Instruments. В состав LabVIEW входит большое количество элементов, которые позволяют достаточно просто создавать в Block Diagram функционально разнообразные виртуальные инструменты, а также элементов для создания пользовательского интерфейса: элементов управления, ввода/вывода, в том числе построения графиков. При этом, используя циклы, можно моделировать сложные процессы и отображать их в реальном масштабе времени.

На базе LabVIEW была создана модель системы регулирования, где в качестве объекта управления была выбрана система теплоснабжения здания, подключенного к системе централизованного теплоснабжения. Объект управления включал независимую систему отопления и двухконтурную смешанную систему горячего водоснабжения (ГВС). При этом реализовывался принцип несвязанного регулирования [1].

Выбор объекта управления обоснован тем, что его компоненты имеют различные статические и динамические характеристики, которые изменяются в процессе эксплуатации.

Регулирование параметров объекта осуществлялось с помощью двух независимых ПИД-регуляторов с исполнительными механизмами постоянной скорости.

Температура в подающем и обратном трубопроводах задавалась в зависимости от температуры окружающей среды в соответствии с графиком центрального качественного регулирования (ЦКР).

- Разработанная модель системы регулирования позволяет:
- изменять параметры графика центрального качественного регулирования;
  - использовать одно- или двухступенчатую схему подогрева горячей воды;
  - изменять характеристики используемого оборудования (теплообменников, исполнительных механизмов), а также гидравлические характеристики системы;
  - изменять тепловую нагрузку системы отопления;
  - изменять закон регулирования и параметры настройки регулятора;
  - изменять время чистого запаздывания в циркуляционном контуре ГВС;
  - изменять задания регуляторов;
  - вносить возмущающие воздействия в виде изменения температуры окружающей среды или изменения водоразбора в системе ГВС;
  - отображать графики переходных процессов регулируемых параметров;
  - отображать перемещение и положение исполнительных механизмов.

Внешний вид Front Panel в среде LabVIEW показан на рисунке 1. Разработанная модель позволяет продемонстрировать влияние на качество регулирования не только параметров настройки регулятора, но и таких характеристик исполнительного механизма как вид статической характеристики и минимальная длительность управляющего импульса.

Развитие проекта включает применение адаптивных регуляторов с различными алгоритмами адаптации, а также включение в модель систем вентиляции.

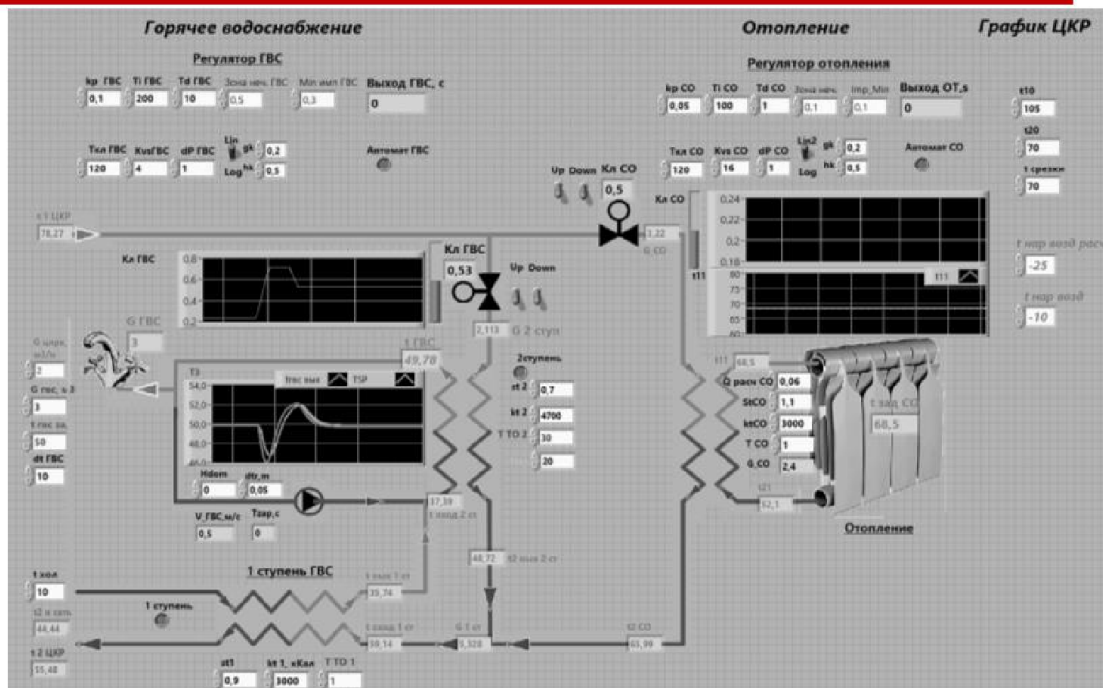


Рисунок 1 - Front Panel системы регулирования

### Список литературы

1. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е издание, переработанное и дополненное – М.: ДМК Пресс, 2011. - 904 с.