

УДК 681.5.017

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ХОДЕ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

**А. С. БРАКОРЕНКО**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

### **Введение**

Для повышения качества регулирования основных технологических параметров требуется применение новых, более совершенных и перспективных подходов и методов по разработке и настройке систем автоматического регулирования (САР). Эти новые подходы должны отвечать требованиям универсальности, а также быть достаточно простыми по принципам организации и функционирования для эффективного внедрения в различные сферы промышленности. На сегодняшний день ни одна из создаваемых или модернизируемых автоматических систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) не представляется без использования современных компьютерных технологий и программного обеспечения. Использование новых разработок позволяет увеличивать производительность, повышать качество конечной продукции, снизить временные затраты и свести к минимуму возможные поломки оборудования в ходе пусконаладочных работ при вводе оборудования в эксплуатацию. Однако произошедший качественный скачок в составе решаемых задач заставляет уделять больше внимания тщательной разработке, модификации и сопровождению разработанного программного обеспечения (ПО) для АСУ ТП [1].

В данной статье описан один из методов моделирования технологических процессов в ходе тестирования АСУ ТП, целью которого является определение качества разработанного ПО и повышение уровня надежности и точности работы САР.

### **Методика отладки АСУ при использовании математического моделирования**

В процессе разработки новой АСУ ТП основной задачей является правильный выбор САР, последующий расчет и анализ ее характеристик. Уже на этапе разработки структуры системы автоматического регулирования разработчики сталкиваются с проблемой выбора управляющих алгоритмов. Ключом к успешному решению данной проблемы является наличие исчерпывающей информации об объекте управления (ОУ), необходимой для создания его математической модели. Наличие математической модели ОУ позволит разработчику более точно подходить к написанию управляющих алгоритмов и определению параметров регуляторов, входящих в состав САР. Однако применение математической модели объекта управления, позволяющее проводить подобные расчеты, подводит нас к следующей проблеме – проблеме реализации математической модели в средах разработки АСУ ТП. Причиной тому является тот факт, что реализация математической модели не всегда представляется возможной в системах разработки программ АСУ для программируемых логических контроллеров (ПЛК) из-за ограничений в математическом аппарате, также в этом случае существенно возрастают временные затраты на проектирование. Пе-

ренос программы управления в среду, разработанную для математического моделирования (например, Matlab Simulink) также не является корректным, так как выполнение алгоритма программы в ПЛК и персональном компьютере (ПК) будут отличаться.

Решением подобной задачи является создание связи, объединяющей две независимо работающие среды: среду отладки управляющей логики ПЛК и среды моделирования с созданной математической моделью ОУ. Так, например, в последних версиях программного обеспечения компании MathSoft (Matlab v7.0 и выше) появился ряд новых компонентов, заметно упрощающих предложенную процедуру. Данные приложения позволяют получать доступ к данным контроллера в режиме реального времени, как для их чтения, так и с возможностью записи в память контроллера. Стоит отметить, что данный процесс справедлив также и для случая, когда вместо реального ПЛК используется его симуляция в среде разработки. Процесс обмена данными между ПЛК и ПК осуществляется при помощи технологии OPC (рис. 1).

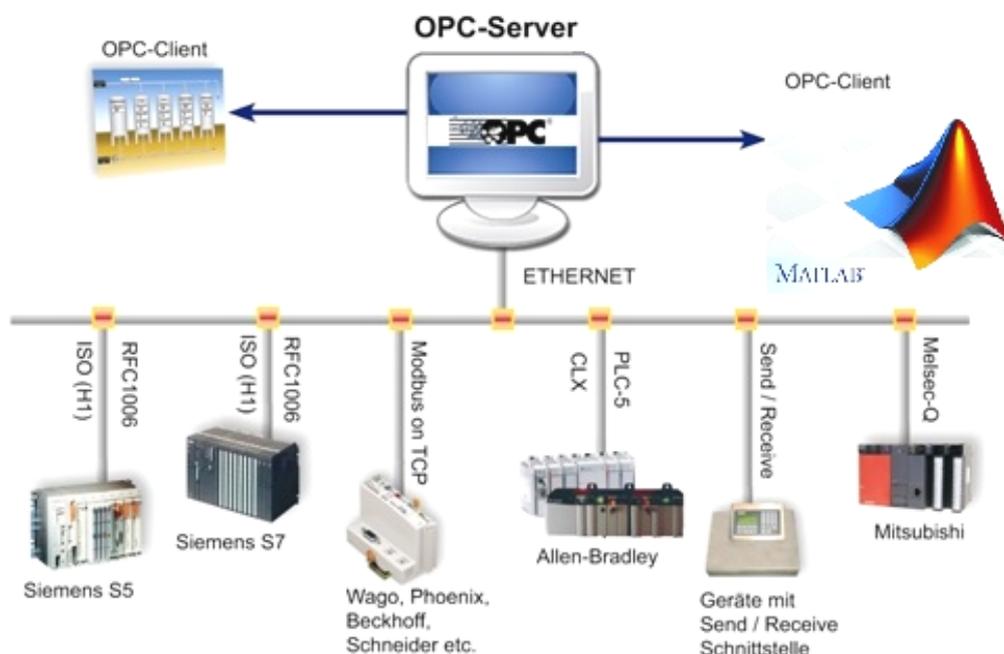


Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП, основанной на технологии OPC

OPC (OLE для управления процессом) представляет собой универсальный программный интерфейс, который может использоваться на устройствах, поставляемых различными производителями. В качестве промышленного стандарта OPC описывает обмен данными для различных приложений в условиях промышленного производства. Работая на своем ПК, пользователь может наблюдать, вызывать и обрабатывать данные и события, происходящие в системах автоматизации. OPC-интерфейс является частью программного обеспечения, работающего на ПК, и является платформой для систем операторского управления и визуализации или других приложений. OPC-интерфейс базируется на модели «клиент/сервер». Один компонент предоставляет свои сервисы другому компоненту через интерфейсы. Другой компонент использует эти сервисы. Схематично связь между ПЛК и приложением Matlab на ПК можно изобразить на рис. 2.

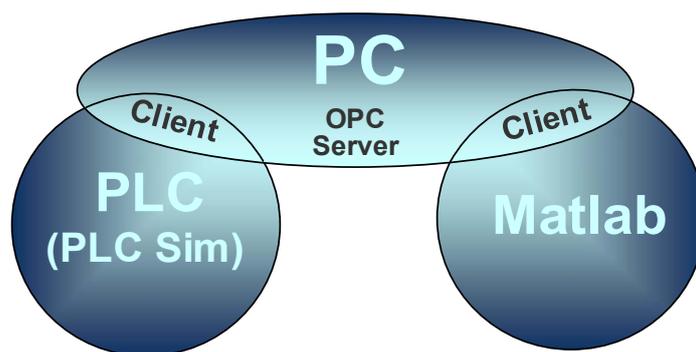


Рис. 2. Схема связи Matlab и ПЛК при помощи OPC

Рассмотрим более подробно процесс совместной работы ПЛК (или же его симуляции) и математической модели в Matlab. Структура передачи и обработки информации между персональным компьютером и контроллером изображена на рис. 3.



Рис. 3. Структурная схема передачи и обработки информации между персональным компьютером и контроллером

Для того чтобы приступить к тестированию и отладке АСУ, необходимо выполнить ряд шагов по созданию проекта тестирования:

- Шаг 1. Настройка OPC сервера.

Необходимо создать тэги обмена данными, подменяющие переменные, используемые в программе ПЛК для работы с реальными входными/выходными данными (датчики, сигналы обратной связи).

- Шаг 2. Настройка программы ПЛК.

В программе ПЛК необходимо заблокировать обращение к реальным входным/выходным каналам (датчики, сигналы обратной связи и т. д.). Далее OPC сервер будет производить чтение/запись данных напрямую в программу ПЛК.

- Шаг 3. Подготовка проекта в Matlab Simulink.

В Matlab Simulink необходимо создать математическую модель исследуемого объекта. Также необходимо создать точки чтения/записи данных по OPC, используя стандартные инструменты из Matlab OPC Toolbox. Для минимизации трудозатрат и ошибок при моделировании была разработана специализированная библиотека стандартных блоков упрощенных математических моделей различных объектов управления в Matlab Simulink (рис. 4). Каждый блок обладает дополнительным удобным интерфейсом ввода параметров модели, позволяющих настраивать модель под различные условия и требования системы.

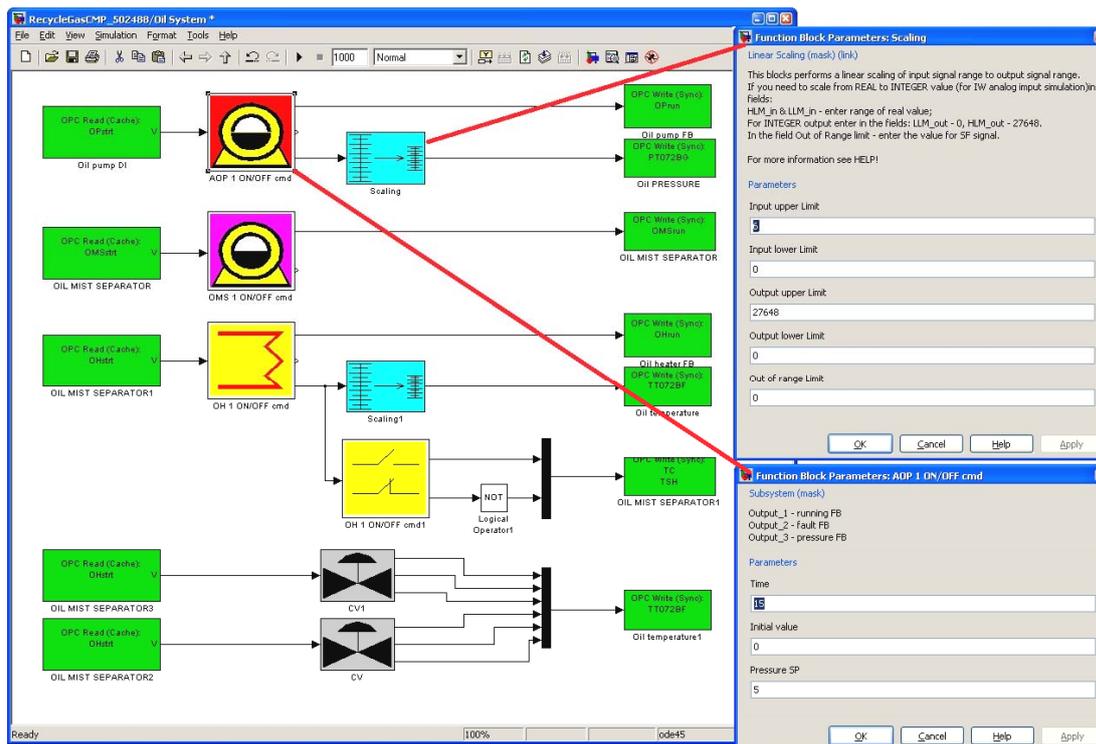


Рис. 4. Пример использования блоков из разработанной специализированной библиотеки объектов управления, исполнительных механизмов и устройств

В результате выполнения всех шагов, описанных выше, получаем систему, объединяющую в себе сразу несколько методов тестирования и отладки АСУ. Цикл выполнения алгоритма данной системы можно разделить на следующие этапы:

1. Опрос и запись в область памяти ПЛК входных данных (состояния объекта управления в данный момент времени – всевозможные датчики, сигналы задания и т. д.). В нашем случае происходит передача данных от среды математического моделирования в область памяти ПЛК по технологии OPC.

2. Обработка полученных входных данных согласно управляющим алгоритмом в ПЛК.

3. Формирование управляющих воздействий на объект управления (воздействия на управляющие механизмы – задвижки, клапаны и т. д.). В нашем случае происходит передача данных от ПЛК назад в систему математического регулирования по тому же принципу, что и на первом этапе цикла.

4. Реакция объекта управления на произведенные АСУ управляющие воздействия. В нашем случае происходит расчет математической модели объекта управления в системе моделирования с последующим сохранением данных о новом состоянии объекта.

Так как алгоритм является циклическим, по окончании 4-го этапа снова переходим на первый этап цикла и процедура повторяется заново.

Далее выставляем требуемое время продолжительности выполнения симуляции и производим моделирование с фиксированным шагом 0,1 с, так как процесс обновления данных OPC сервера составляет 100 мс.

Для запуска алгоритма тестирования необходимо выполнить шаги в последовательности согласно рис. 5.



Рис. 5. Последовательность запуска симуляции

Процесс выполнения моделирования происходит в режиме реального времени, поэтому пользователь может наблюдать за всеми происходящими процессами и производить управляющие воздействия как внутри математической модели, так и в самой логике контроллера, что является несомненным плюсом данного метода.

Полученный в результате данных преобразований алгоритм работы системы в точности совпадает с режимом работы реальной АСУ и, как уже ранее было отмечено, цикл выполняется в режиме реального времени, а продолжительность всей процедуры может задаваться пользователем в зависимости от вида процесса регулирования и от быстродействия системы моделирования.

#### **Наладка системы охлаждения технологического газа компрессорной установки**

В качестве примера приведем методику наладки системы охлаждения воздушным потоком смазочного масла из маслосистемы и сжатого воздуха на выходе компрессора. АСУ выполнена на базе ПЛК Siemens Simatic 400H (Step7), система охлаждения – градирня с вентиляторами охлаждения с переменной скоростью вращения (частотный преобразователь). Задача состоит в настройке регулятора температуры сжатого воздуха и смазочного масла, а также параметров управления частотным преобразователем с целью определения оптимальных параметров температурного регулирования и уменьшения электропотребления.

На основе технических данных теплообменника и вентиляторов охлаждения была разработана упрощенная математическая модель системы охлаждения компрессора в приложении Matlab Simulink. Для создания модели привода вентиляторов была взята за основу математическая модель частотно-регулируемого электропривода с использованием данных установленного двигателя и привода фирмы Siemens (рис. 6, 7).

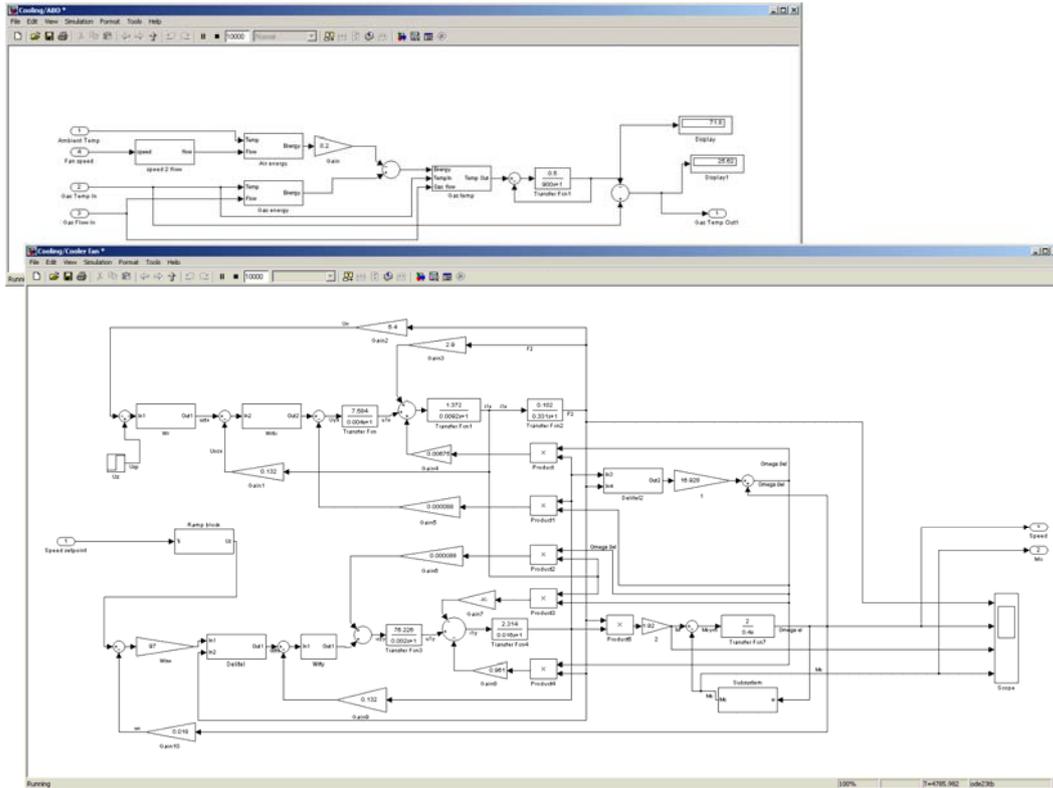


Рис. 6. Математическая модель теплообменника и привода вентилятора

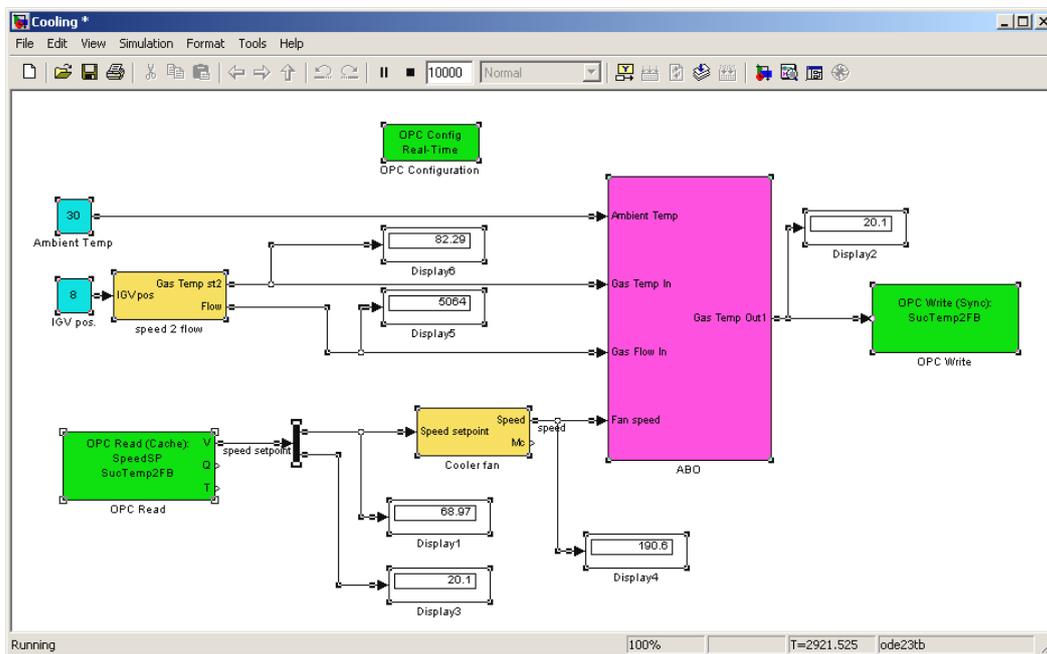


Рис. 7. Система математического моделирования Matlab Simulink в режиме реального времени

В процессе пусконаладочных работ на объекте была зафиксирована значительная колебательность в процессе регулирования температуры при использовании заводских предустановленных параметров (рис. 8).

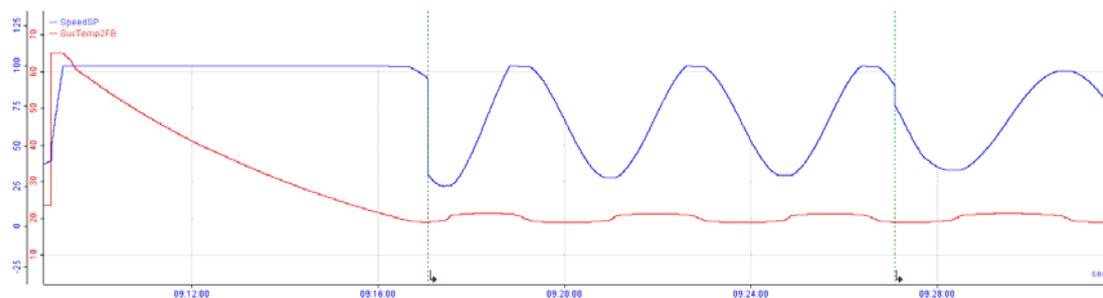


Рис. 8. График работы теплообменника (заводские предустановки параметров)

На основе разработанной математической модели и Matlab приложения System Identification Toolbox при подаче ступенчатых испытательных воздействий в разомкнутом контуре регулирования температуры была проведена идентификация объекта управления. На основе экспериментальных данных были произведены корректировки в математической модели. Далее была произведена отладка полученной системы по предлагаемой методике, в результате которой были подобраны наиболее удовлетворяющие процессу параметры ПИД-регулятора температуры и задатчика интенсивности для электропривода. В конечном итоге колебательность была устранена и регулирование температуры газа и масла стало отвечать заданным требованиям (рис. 9).

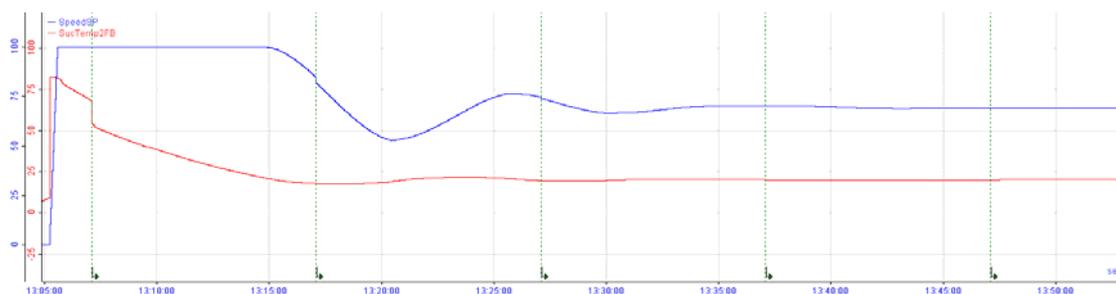


Рис. 9. График работы теплообменника (после использования методики отладки АСУ при использовании математического моделирования)

## Заключение

Полученные результаты позволяют говорить о применимости подобной методики настройки и тестирования программно-технического комплекса различной степени сложности, а использование технологии ОРС позволяет применять данную методику для большого количества производителей оборудования АСУ. Данная методика может быть рекомендована для инженерных расчетов и моделирования процессов управления с целью повышения качества управления технологическими процессами и снижения затрат времени и человеческих ресурсов на разработку и наладку АСУ. Приведенный алгоритм позволяет проводить моделирование различных нештатных и аварийных событий, проверить корректность работы алгоритмов защит, блокировок, предупредительной и аварийной сигнализации. Также появляется возможность тестирования всей программы АСУ целиком, а не ее модулей в отдельности, что позволяет проверить межблочные связи – места наибольшего риска появления ошибок [2]. Еще одним вариантом использования данной методики является использование ее в качестве базы для построения стендов обучения обслуживающего персонала в ходе наладки и ввода в эксплуатацию новых установок либо проведения курсов повышения квалификации работников на действующих установках.

**Литература**

1. Жарко, Е. Ф. Оценка качества программного обеспечения для систем, важных для безопасности АЭС / Е. Ф. Жарко // Информ. технологии и вычисл. системы. – 2011. – № 3. – С. 38–44.
2. Пивень, А. А. Тестирование программного обеспечения / А. А. Пивень, Ю. И. Скорин // Системы обработки информации. – 2011. – № 4. – С. 56–58.

*Получено 16.09.2014 г.*