

Программно-аппаратный комплекс для тестирования программ управления АСУ ТП шахт и рудников*

С. С. ЖУРАВЛЁВ

*Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН,
Новосибирск, Россия
e-mail: s-zhur@yandex.ru*

Приведено описание структуры и функционирования программно-аппаратного комплекса, предназначенного для отладки и тестирования программ управления АСУ ТП шахт и рудников. Комплекс реализован на основе визуально-интерактивной среды имитационного моделирования MTSS.

Ключевые слова: тестирование, отладка, программа управления, автоматизированная система управления, технологический процесс, шахта, рудник.

Введение

В Конструкторско-технологическом институте вычислительной техники СО РАН (КТИ ВТ СО РАН) разрабатываются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) шахт и рудников, опасных по газу, взрыву пыли и самовозгоранию полезного ископаемого. Одной из основных задач АСУ ТП является эффективное и безопасное управление технологическим оборудованием шахт и рудников. Для решения этой задачи требуется комплексная отладка и тестирование программ управления АСУ ТП. При этом важно, чтобы как можно большая часть данных работ была выполнена на предприятии-разработчике. Это позволит повысить надёжность и безопасность АСУ ТП, сократить время и стоимость пусконаладочных работ и опытной эксплуатации, облегчить сопровождение, модернизацию и оптимизацию программ управления.

Проблема комплексной отладки и тестирования программ управления АСУ ТП заключается в сложности формирования полного набора согласованных сигналов реального технологического оборудования и невозможности искусственного создания аварийных ситуаций на реальном объекте. Для решения этой проблемы в КТИ ВТ СО РАН разработан программно-аппаратный комплекс отладки и тестирования программ управления (ПАК ТПУ), включающий имитационные модели технологических процессов для эмуляции входных сигналов реального технологического оборудования и реальные программы управления АСУ ТП. Данный подход был частично использован при разработке АСУ ТП Северомуйского тоннеля [1] и Системы мониторинга технологической инфраструктуры нефтегазодобывающего предприятия [2].

*Работа поддержана Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках программы “У.М.Н.И.К.” (ГК №11689р/17174 от 05.04.2013) и РФФИ (грант № 13-07-98023 р_сибирь_a).

Существуют альтернативные средства решения задачи тестирования программ управления. Их можно отнести к следующим категориям: физические имитаторы, имитаторы сигналов, специализированные комплексы.

Недостатками физических имитаторов являются сложность изготовления, необходимость постоянного контроля технического состояния для обеспечения безотказной работы. Имитация некоторых аварийных ситуаций на таких имитаторах сложно реализуема. К недостаткам имитаторов сигналов относятся отсутствие автоматизации процесса тестирования, невозможность задания параллельных событий, сложность формирования взаимосвязанных событий.

К специализированным программно-аппаратным комплексам, реализующим генерацию тестовых сигналов на основе модели технологического процесса или целого предприятия, относятся WinMOD [5], MiMiC [6], xPC Target [7], имитационная модель гидроагрегата для тестирования алгоритмов АСУ ТП [8], испытательно-наладочный полигон для средств и систем автоматизации [9] и др. Математическое моделирование в этом случае позволяет избежать недостатков физических имитаторов и имитаторов сигналов.

Зарубежные специализированные комплексы тестирования программ управления АСУ ТП труднодоступны, продаются “под ключ” и обычно предназначены для узких предметных областей. Отечественные специализированные комплексы либо не обладают полным набором функциональных возможностей (тестирование программ управления, обучение персонала, поддержка принятия решений, исследование технологических процессов и др.), либо предназначены для конкретных областей. Разработанный ПАК ТПУ предоставляет необходимые функциональные возможности. Кроме того, его можно использовать для других предметных областей, разработав специализированные для этих предметных областей библиотеки. Разработанный ПАК ТПУ предназначен для пользователей, не имеющих специальных знаний в области имитационного моделирования.

1. Имитационные модели технологических процессов шахт и рудников

Формирование сигналов, поступающих с датчиков оборудования автоматизации, осуществляется с использованием имитационной модели технологического процесса. Шахты и рудники представляют собой объекты с иерархической структурой и сложным функционированием. Это делает невозможным использование только аналитических методов исследования. В этом случае применение имитационного моделирования является наиболее эффективным, а иногда и единственным методом исследования.

Для разработки имитационных моделей технологических процессов использована визуально-интерактивная дискретно-событийная система MTSS (Manufacturing and Transportation Simulation System) производства КТИ ВТ СО РАН [3]. Основными функциональными возможностями MTSS являются: разработка моделей для некоторой предметной области с использованием специализированной для этой области библиотеки; быстрое построение моделей для некоторой предметной области пользователем, не имеющим специальных знаний в области имитационного моделирования; разработка новых библиотек или развитие существующих библиотек; наличие визуально-интерактивного интерфейса; 2D и 3D визуализация и др.

Для построения моделей технологических процессов подземной добычи полезных ископаемых в рамках системы MTSS разработана специализированная библиотека моделей типов технологического оборудования (МТТО) шахт и рудников. Библиотека МТТО реализована с использованием платформы Eclipse и языка программирования Java.

Библиотечные модели в системе MTSS называются *элементарными моделями* (ЭМ). Элементарная модель состоит из следующих частей: условное графическое изображение; список параметров (входные и выходные сигналы, внутренние параметры); алгоритм функционирования, описывающий зависимости между параметрами; список состояний, в которых ЭМ может находиться в процессе моделирования; список команд управления, при выполнении которых ЭМ переходит из одного состояния в другое; дополнительные блоки, расширяющие функции ЭМ (например, интерфейс связи с внешними системами), и др.

Процесс создания ЭМ заключается в разработке концептуальной модели и ее переводе в машинное представление на языке Java в соответствии со структурой представления ЭМ в системе MTSS.

В состав библиотеки МТТО входят следующие ЭМ: забой, бункер, конвейер, насос, водопровод, трансформатор, источник электропитания АСУ ТП, кабель линии электропередачи и др.

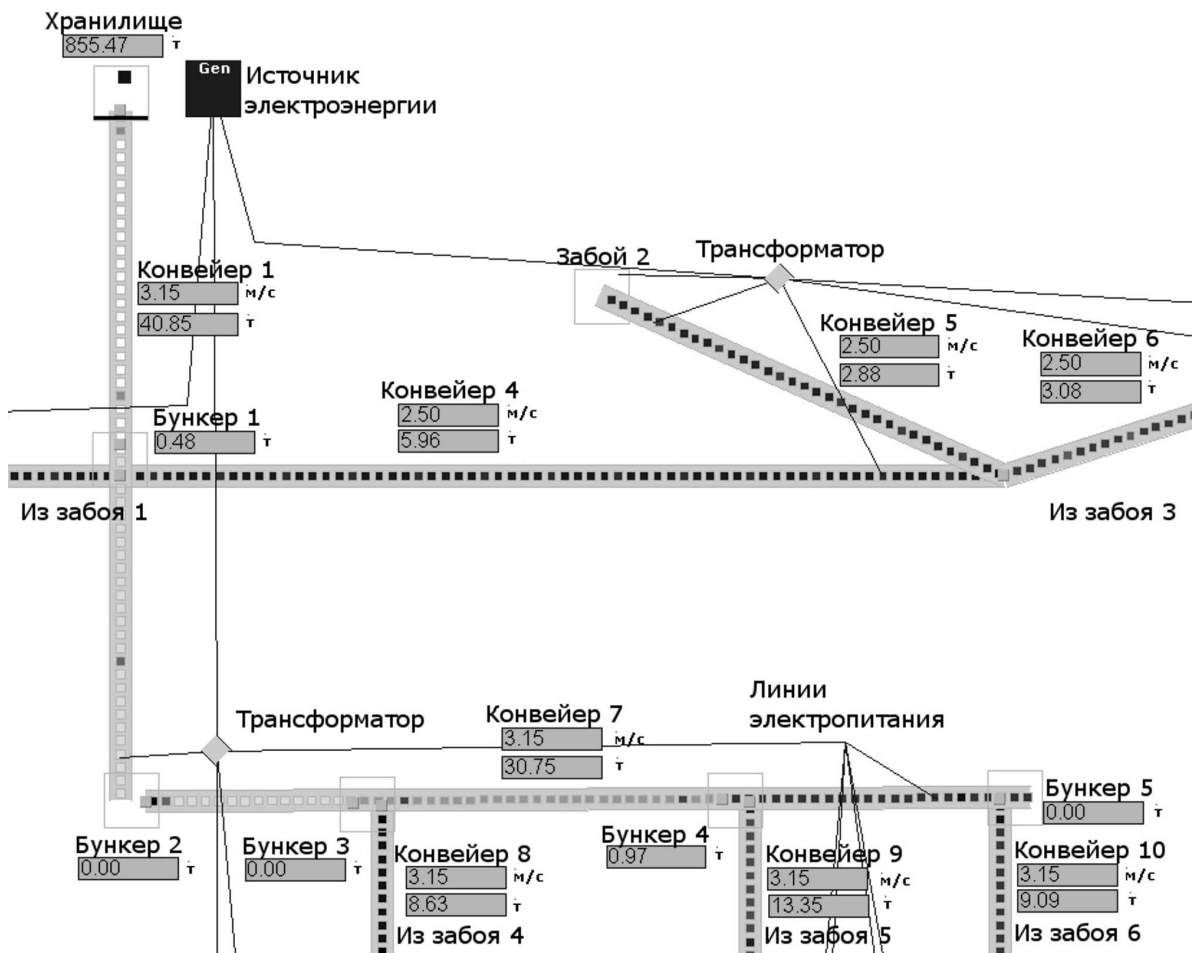


Рис. 1. Фрагмент имитационной модели конвейерной сети шахты "Распадская"

Полный список параметров каждой ЭМ включает набор входных и выходных сигналов реального технологического оборудования, которые обрабатывает программируемый логический контроллер (ПЛК) АСУ ТП, подключенный к этому технологическому оборудованию. Например, ЭМ “Конвейер” включает следующие параметры: аналоговые сигналы (скорость движения ленты, загрузка конвейерной ленты, температура двигателей и др.) и дискретные сигналы (контроль схода ленты, состояние кабель-тросовых выключателей, сигнал “заштыбовка” и др.).

С использованием библиотеки МТТО разработаны имитационные модели следующих подсистем шахты: конвейерной сети, водоотлива и электроснабжения [4]. На рис. 1 приведён пример фрагмента разработанной модели подсистемы конвейерной сети шахты “Распадская”.

Для целей проверки достоверности моделирования проведены имитационные эксперименты для следующих областей исследований: грузопотоки конвейерной сети; режимы функционирования подсистемы водоотлива.

2. Структура и функционирование ПАК ТПУ

Структура ПАК ТПУ (рис. 2) состоит из программной и аппаратной частей. Программная часть комплекса включает систему моделирования МТСС с библиотекой МТТО, менеджер связи, модели технологических процессов, алгоритмы АСУ ТП верхнего и нижнего уровней, модели модулей ввода-вывода. Аппаратная часть комплекса

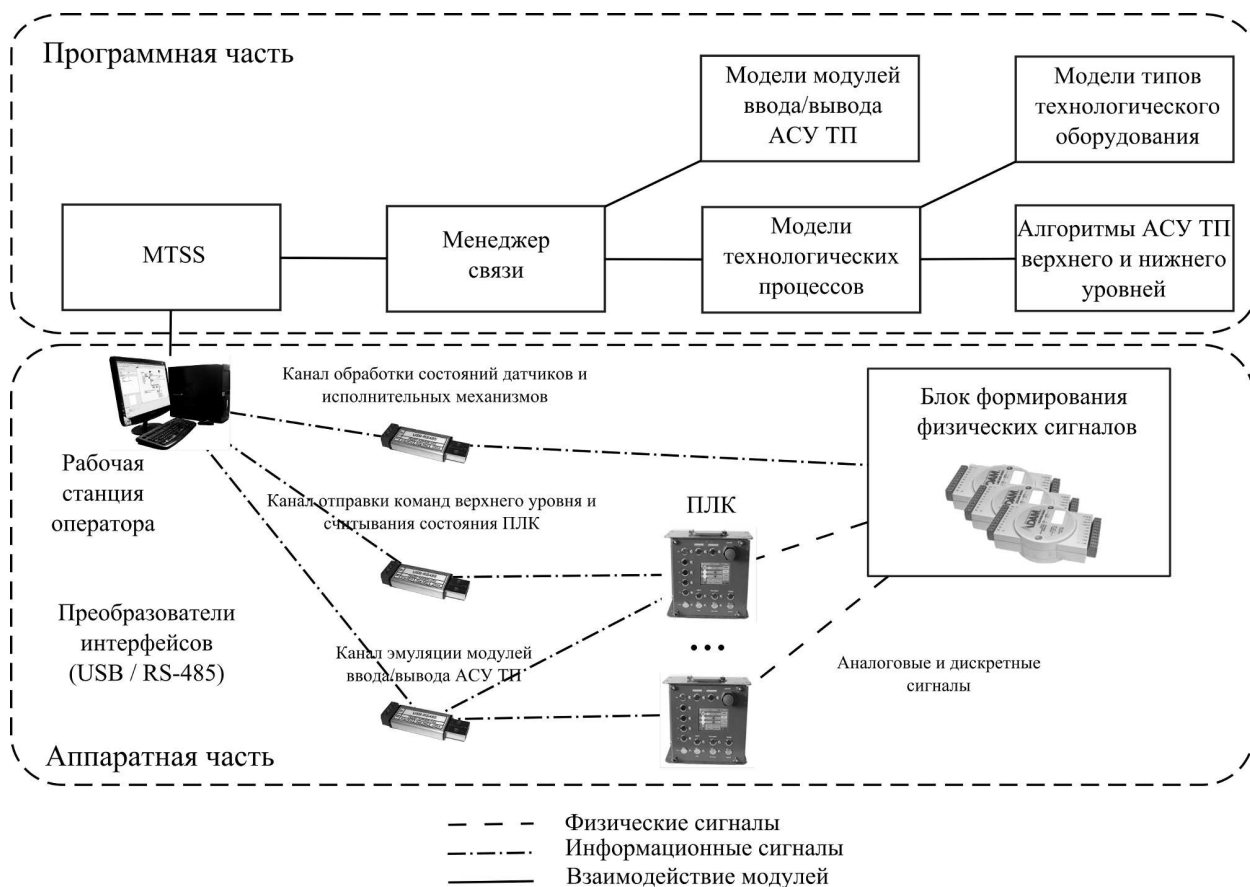


Рис. 2. Структура ПАК ТПУ

включает рабочую станцию оператора, ПЛК, среду передачи данных, состоящую из трёх каналов, и блок формирования физических сигналов, который на основе полученных информационных сигналов формирует соответствующие физические аналоговые или дискретные сигналы. Модели модулей ввода-вывода выполняют функцию эмуляции отсутствующих или внешних модулей ввода-вывода тестируемой системы автоматизации.

В программной части выполняется имитация состояний датчиков и исполнительных механизмов, формирование команд управления для передачи в аппаратную часть, чтение сообщений от тестируемого оборудования. Передача сигналов имитируемого технологического оборудования производится в формате тестируемой АСУ ТП.

Среда передачи данных ПАК ТПУ реализована на основе интерфейса RS-485. Основной протокол обмена данными — Modbus RTU. Обмен осуществляется по принципу запрос-ответ. В разработанном ПАК ТПУ реализованы три канала передачи данных: обработки состояний датчиков и исполнительных механизмов, отправки команд верхнего уровня АСУ ТП и считывания состояний тестируемого контроллера, эмуляции удалённых модулей ввода-вывода тестируемой системы автоматизации.

Для реализации связи ПЛК непосредственно с датчиками и исполнительными механизмами применены преобразователи информационных сигналов в физические. В качестве элементной базы таких преобразователей выбраны контроллеры фирмы Advantech. Взаимодействие с преобразователями для передачи команд управления осуществляется по протоколу ADAM ASCII. Для обеспечения более полного тестирования набора сигналов АСУ ТП разработан модуль генерации частотных и резистивных сигналов.

Функционирование ПАК ТПУ возможно в следующих режимах:

- тестирование — основной режим, предназначен для выполнения комплексной отладки и тестирования программ управления АСУ ТП;
- исследование — дополнительный, предназначен для прогнозирования значений параметров технологических процессов угольной шахты, имитации возникновения нештатных или аварийных ситуаций;
- обучение — дополнительный, предназначен для обучения и аттестации эксплуатационного персонала угольной шахты, работников, осуществляющих тестирование программ управления АСУ ТП, студентов высших учебных заведений.

Для целей комплексной отладки, тестирования и обучения применяются тесты (проверка выполнения управляющих команд, проверка прохождения сигналов и т. п.) и сценарии (запуск конвейерной линии, переполнение бункера и т. п.), в том числе с некорректными входными данными. Процесс тестирования программ управления АСУ ТП состоит из четырёх шагов.

1. Разработка модели автоматизируемого технологического процесса с использованием библиотеки МТГО.

2. Подключение тестируемого оборудования посредством коммутации информационных и физических линий ввода-вывода.

3. Последовательный выбор ЭМ технологического оборудования для управления. Команды управления в процессе выполнения тестов и сценариев передаются через среду передачи данных тестируемому ПЛК. После выполнения программы управления ПЛК формирует исполнительные сигналы, которые передаются в модель технологического процесса для изменения состояния соответствующей ЭМ.

4. Выполнение комплекса тестов и сценариев для определения некорректных подключений и ошибок в программах управления АСУ ТП.

Заключение

С использованием библиотеки МТТО и ПАК ТПУ проведено тестирование типовой программы управления “Автоматизированная система контроля и управления технологическим оборудованием” (АСКУ ТО 2) производства КТИ ВТ СО РАН, применяемой для автоматизации технологических процессов угольных шахт Кузбасса.

Опыт разработки и применения библиотеки МТТО может быть использован при создании библиотек ЭМ для других предметных областей с целью комплексного тестирования программ управления АСУ ТП.

Результаты работы могут применяться при разработке новых и модернизации существующих АСУ ТП шахт и рудников, а также при разработке систем управления в других отраслях.

Список литературы

- [1] Окольнішников В.В. Использование имитационного моделирования при разработке Автоматизированной системы управления технологическими процессами Северомуйского тоннеля // Вычисл. технологии. 2004. Т. 9, № 1. С. 82–101.
- [2] Андрюшкевич С.К., Журавлёв С.С., Золотухин Е.П. и др. Разработка системы мониторинга с использованием имитационного моделирования // Пробл. информатики. 2010. № 4. С. 65–75.
- [3] Рудометов С.В. Визуально-интерактивная система имитационного моделирования технологических систем // Вест. СибГУТИ. 2011. № 3. С. 14–26.
- [4] Журавлёв С.С., Рудометов С.В., Окольнішников В.В., Шакиров С.Р. Моделирование водоотливных и транспортных систем угольных шахт // Проблемы оптимизации сложных систем: Тр. Шестой азиатской междунар. шк.-сем. Республика Казахстан, Алматы: Ин-т проблем информатики и управления, 2010. С. 169–176.
- [5] WINMOD system platform. Hennigsdorf: Mewes & Partner GmbH, 1995.
URL: <http://winmod.com>
- [6] MiMiC simulation software. Chesterfield, MYNAH Technologies, LLC, 2011.
URL: <http://www.mynah.com/products/mimic>
- [7] xPC Target. Natick, MathWorks, 2013.
URL: <http://www.mathworks.com/products/xpctarget/>
- [8] Захарченко В.Е. Имитационная модель гидроагрегата для АСУ ТП // Автоматизация в промышленности. 2007. № 7. С. 37–40.
- [9] Ивушкин А.А. Основы создания и внедрения систем автоматизации управления объектами угольной отрасли: Дис. ... докт. техн. наук. Новокузнецк, ФГБОУ ВПО “СибГИУ”, 2007. 312 с.

Поступила в редакцию 29 ноября 2013 г.