

## Компоненты автоматизированной системы управления процессами переработки биомассы во вращающемся термохимическом реакторе\*

С. Ю. Вильчек<sup>1</sup>, В. В. ГАРКУША<sup>2</sup>, А. Г. КВАШНИН<sup>2</sup>, А. С. МИШНЕВ<sup>2</sup>,  
Ф. Н. СТОРОЖЕВ<sup>1</sup>, В. В. ЯКОВЛЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО “Биологические источники энергии”

<sup>2</sup>Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН,  
Новосибирск, Россия

e-mail: sv195503@yandex.ru, vgarkusha@kti.nsc.ru

Описаны результаты разработки компонентов АСУ технологическими процессами производства тепловой энергии и энергоносителей из биомассы с применением универсального способа переработки материалов в секционном аппарате барабанного типа — систем регистрации температур в аппарате, замеров состава производимого синтез-газа, параметров воздушного потока.

*Ключевые слова:* автоматизированная система управления технологическими процессами, альтернативные источники энергии, биомасса, углеродосодержащие материалы, биоуголь, синтез-газ.

Конструкторско-технологический институт вычислительной техники (КТИ ВТ) СО РАН участвует в инновационных процессах несколькими способами. В частности, выполняя собственные разработки и коммерциализуя их известными путями, например, через создание малых инновационных предприятий в соответствии с ФЗ-217. Так, в 2012–2013 гг. были созданы три малых инновационных предприятия: ООО “КБ Информсистем”, ООО “Информационные системы мониторинга” и ООО Региональный центр инжиниринга “Конструкторское бюро интеллектуальных систем управления”. Другой формой деятельности является создание современных промышленных информационных и управляющих систем для инновационных предприятий, имеющих собственные наукоёмкие технологии, дополняя их новые технические решения современными разработками КТИ ВТ СО РАН и тем самым повышая уровень их конкурентоспособности на рынке.

В качестве примера второго способа инновационной деятельности КТИ ВТ СО РАН можно привести сотрудничество с инновационной компанией ООО “Биологические Источники Энергии”, которая разработала и запатентовала в России [1] и на международных рынках [2, 3] способ и оборудование для переработки углеродосодержащих материалов. В основу способа положен принцип фильтрационного горения со сверхadiaбатическим разогревом и использование технологии кипящего слоя. В результате появляется возможность на одной технологической линии эффективно перерабатывать практически любые органические отходы (в том числе сельскохозяйственного происхождения),

---

\*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (проект № 11528).

одновременно генерировать энергию (тепловую и электрическую), производить энергоносители в разной форме (биоуголь, синтез-газ, смолы пиролиза) и реализовать различные технологические процессы (сушка, сжигание, пиролиз, газификация) [3]. Именно возможность реализации в одном аппарате различных технологических процессов и представляет особый интерес для КТИ ВТ СО РАН как объект для приложения компетенций Института в области разработки автоматизированных систем управления технологическими объектами и процессами. В результате была сформулирована задача — разработка решений по управлению процессами подачи сырья, сушки, термообработки, дожигания газов, рекуперации тепла, подачи холодного и горячего воздуха, охлаждения продуктов и т. д. Это определило и важное направление исследований — создание АСУ технологическими процессами (ТП) переработки биомассы во вращающемся термохимическом реакторе (ТХР).

В настоящей работе представлена разработка компонентов АСУ ТП производства тепловой энергии и энергоносителей из углеродосодержащих материалов, включая биомассу и органические отходы, с применением универсального способа переработки материалов в секционном аппарате барабанного типа — ТХР. Начальным этапом создания АСУ ТП ТХР стала разработка систем регистрации основных технологических параметров: температур в аппарате, состава производимого синтез-газа, параметров воздушного потока.

Система регистрации температур ТХР разработана и изготовлена в КТИ ВТ СО РАН. Система представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из аппаратной части — мобильной и стационарной подсистем, и программной части — интерфейса для работы с аппаратной частью. Общая блок-схема системы регистрации температур приведена на рис. 1.

Мобильная подсистема аппаратной части включает 16 термопар, распределённых по длине ТХР, блок клеммников с датчиком температуры холодного спая, измеритель сигналов термопар с беспроводным интерфейсом передачи данных Bluetooth и встроенный блок съёмных аккумуляторов. Мобильная подсистема обеспечивает измерение электрических сигналов (напряжения) термопар, температуры холодного спая (блока клеммников), контроль напряжения заряда аккумуляторов.

Стационарная подсистема аппаратной части выполняет функцию центрального вычислителя и рабочего места оператора (АРМ оператора) и включает в себя контроллер сбора данных по радиоканалу, обеспечивающему получение данных с мобильных подсистем и предоставление их по шине ModBus RTU (физический интерфейс — RS-485) АРМ оператора. С помощью системы измеряется температура на внутренней поверхности ТХР в 16 точках с учётом температуры холодного спая с шагом по времени не более 8 с, а также напряжение блока аккумуляторов. Для проведения испытаний системы регистрации температур ТХР разработан специальный алгоритм с циклом опроса, равным 0.5 с/канал.

Общий вид интерфейса программной части системы измерения температур ТХР показан на рис. 2. Интерфейс позволяет настраивать аппаратную часть системы, в частности устанавливать скорость связи, необходимый период опроса термопар, номера термопар и каналов записи данных термопар и др. График температур в ТХР масштабируется автоматически в соответствии с установленным диапазоном, а в таблице “Контрольные точки” приводятся значения температур в точках установки термопар. Выгрузка температурных данных осуществляется в файлы формата TXT или Excel. Таким образом, система регистрации температур ТХР позволяет анализировать про-

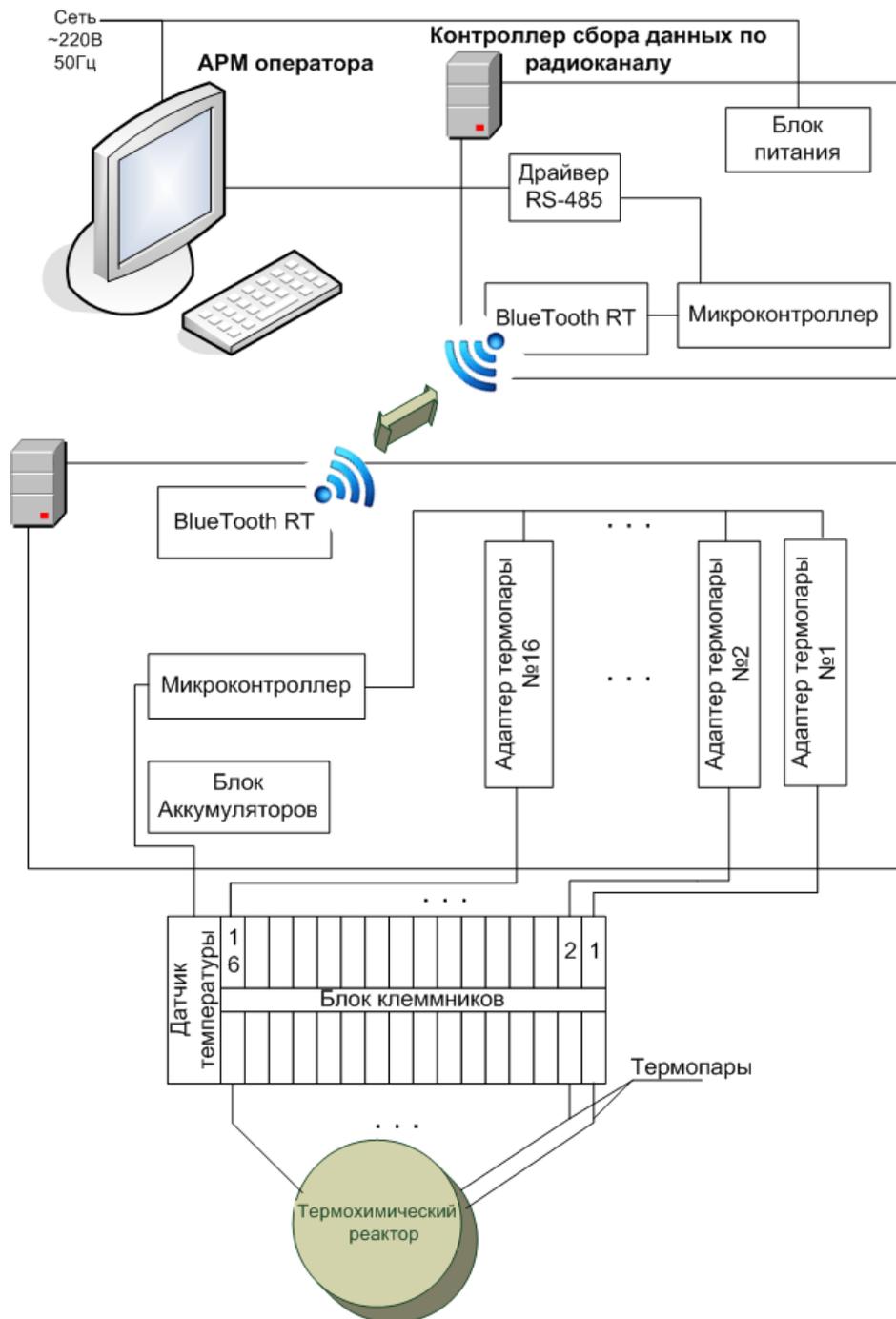


Рис. 1. Блок-схема системы измерения температур термохимического реактора

цесс переработки биомассы, принимать решения о внесении управляющих воздействий (например, об увеличении или уменьшении скорости вращения ТХР, изменении скорости подачи сырья, скорости потока воздуха, подаваемого в ТХР и др).

Состав производимого синтез-газа определялся с помощью разработанного ООО «Бонэр» газоанализатора, работающего на оптико-адсорбционном принципе измерений и имеющего следующие диапазоны измерений:

- CO – 0...30 %,
- CO<sub>2</sub> – 0...50 %,

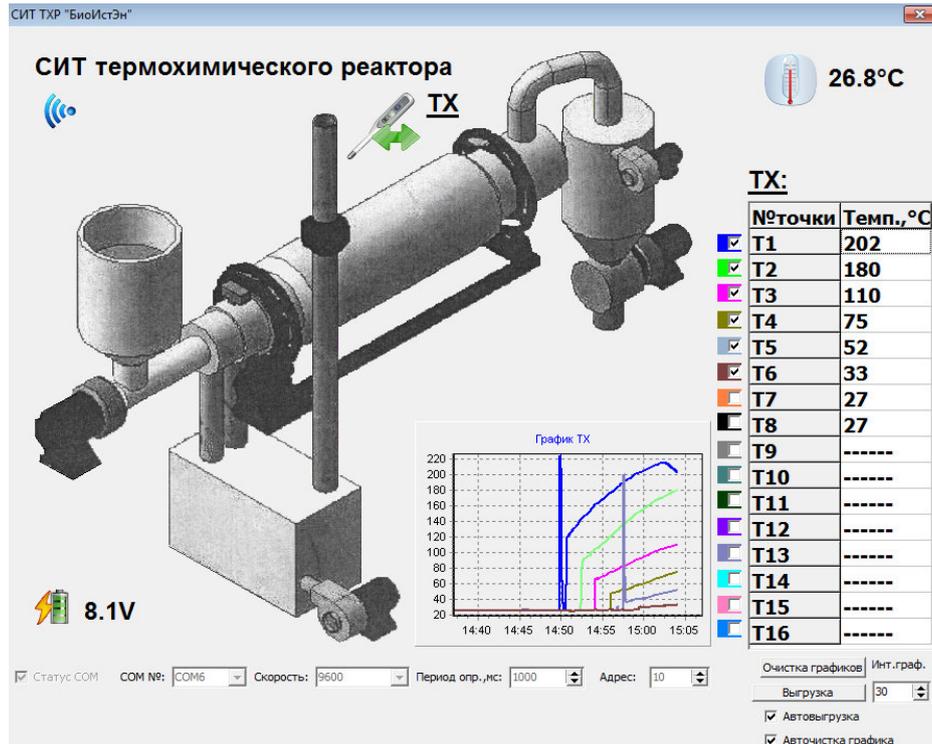


Рис. 2. Общий вид интерфейса отображения температур в разных точках термохимического реактора

- $\text{CH}_4$  — 0...100 %,
- $\text{CH}(\text{C}_2 - \text{C}_5)$  — 0...30 %,
- $\text{H}_2$  — 0...40 % (полярографический сенсор),
- $\text{O}_2$  — 0...25 % (электрохимический сенсор).

Работа газоанализатора осуществляется в непрерывном режиме с выводом данных в реальном режиме времени на монитор компьютера и экспортом в Excel по интерфейсу RS-232.

Замеры скорости и объёма потока воздуха выполнялись портативным цифровым термоанемометром СЕМ DT-318 с крыльчаткой на гибком кронштейне в диапазоне скоростей 0.6...30.0 м/с  $\pm 3\%$ .

Разработанные компоненты системы автоматизированного управления были испытаны на модели ТХР общей мощностью 10 кВт при температурах переработки биомассы до 800 °С на Евсинской птицефабрике в Новосибирской области (рис. 3). Запуск ТХР и вывод его в рабочий режим осуществились путём сжигания древесного угля.

В ходе экспериментов перерабатывались различные виды биомассы — сельскохозяйственные отходы птицеводства: помёт, помётно-подстилочная масса, подстилочная солома естественной влажности. В ТХР биомасса смешивалась с потоком воздуха. При этом биомасса перерабатывалась при различных реакционных температурах и разном времени нахождения биомассы в ТХР, т.е. при различных режимах работы. В одном режиме работы биомасса полностью утилизировалась с производством тепловой энергии. В другом — основным продуктом термохимических реакций был синтез-газ, а в третьем режиме — биоуголь. В режиме полного сжигания биомассы получена представляющая собой ценное минеральное удобрение зола в количестве от 3 до 10 %



Рис. 3. Монтаж системы регистрации температур на термохимическом реакторе

от исходного веса биомассы. Проведенные эксперименты показали, что специальные алгоритмы работы системы управления технологическими процессами позволяют достичь требуемых технологических параметров переработки биомассы.

Эксперименты с применением компонентов автоматизированной системы управления проводились с целью оптимизации работы оборудования и режимов переработки и систематизированного сбора практических данных о параметрах работы оборудования с различными видами сельскохозяйственных отходов. Исследовались также и продукты переработки биомассы. В целом анализ экспериментальных результатов замеров температур, состава синтез-газа и расхода воздуха позволили уточнить математические модели термохимических процессов, оптимизировать работу термохимического реактора и перейти к разработке конструкций и изготовлению образцов ТХР с более высокой мощностью — 100...300 кВт. В дальнейшем КТИ ВТ СО РАН при выводе оборудования ООО «Биологические Источники Энергии» на рынок сможет стать поставщиком решений по автоматизации оборудования для альтернативной энергетики на основе биомассы.

## Список литературы

- [1] Пат. № RU2364451 РФ от 20.08.2009. Универсальный способ переработки материалов в секционном аппарате барабанного типа с проходными отверстиями в перегородках между секциями и устройство для его осуществления / С.Ю. Вильчек.
- [2] VILCHEK S.YU. Method for processing materials in a drum-type apparatus and a device for carrying out said method // Международная патентная заявка № WO2010011157A1 от 28.01.2010.
- [3] Пат. № KR10-1299485 от 19.08.2013. / Vilchek S.Yu. Method for processing materials in a drum-type apparatus and a device for carrying out said method (Патент Южной Кореи).

*Поступила в редакцию 29 ноября 2013 г.*