

65. Зимин А.И., Лобанов Н.Ф., Сурис А.Л. Газодинамическая защита элементов плазмохимического реактора от осаждения конденсированных продуктов. Сб. «Высокотемпературные процессы и аппараты», М.: МГУИЭ, 2003, с. 104.
66. Любина Ю.Л., Сурис А.Л. Тепло-и массообменные процессы в шахтном реакторе при газификации твёрдых органических отходов. Сб. «Высокотемпературные процессы и аппараты», М.: МГУИЭ, 2003, с. 144.

### **Автоматизация стендовой установки для биологической очистки воды от органических загрязнений**

Строков С.С., Максимов Г.С.  
Университет машиностроения  
8(499) 267-07-82, nauka@msuie.ru

*Аннотация.* Разработана система автоматизации стендовой установки для биологической очистки сточных вод от органических загрязнений с учётом перспективы дальнейшего неоднократного перемещения установки. Из соображений минимизации стоимости монтажных работ выбраны датчики и контроллеры, разработана SCADA-система, проведен пуск стендовой установки.

*Ключевые слова:* автоматизация и контроль, очистка воды, органические загрязнения, измерение температуры.

Для многих промышленных объектов характерно наличие значительных запасов органических загрязнений, которые скопились за длительное время. Они выводят из хозяйственного оборота значительные территории или требуют специальных ёмкостей для хранения, дорогостоящей переработки. Часто вредные компоненты являются водорастворимыми и при хранении под открытым небом под воздействием природных осадков могут переходить в раствор и впоследствии загрязнять подземные воды и другие источники воды.

Очистка стоков и уничтожение примесей часто осложняются их низкими концентрациями, переменными концентрациями и составом, что ведёт к усложнению и удорожанию систем очистки, основанных на физических и химических процессах. В этом случае часто целесообразно использовать системы биологической очистки, в частности системы, основанные на биодеградации органических примесей с помощью сложного комплекса микроорганизмов и иммобилизованных базидиальных грибных культур. Базидиальные грибы, базидиомицеты (*Basidiomycetes*) (от греч. *basidion* – фундамент и *mykes* – гриб), класс высших грибов, имеющих особые органы размножения – базидии. Большинство грибных культур в природной среде способны самопроизвольно закрепляться на различных поверхностях, поэтому иммобилизация для них является естественным состоянием. Использование иммобилизованной биомассы предполагает возможность ее многократного применения, а также простоту отделения биомассы от реакционной среды. Использование подобных комплексов позволяет разрушать широкий спектр загрязнений и продуктов их деструкции.

В Научно-техническом центре «Промышленная биотехнология» Университет машиностроения разработана технология очистки воды от загрязнений различной природы с использованием базидиомицетов, которые, являясь сапротрофами, способны разлагать даже труднорастворимые органические соединения.

Основой технологии является перевод загрязнений в водный раствор, который подаётся в установку, где ведётся (в несколько стадий) культивирование базидиомицета. Культура базидиомицета заранее подбирается на основе отобранных проб загрязнений, и в лабораторных условиях проводятся обычные мероприятия по улучшению штамма и поиску оптимальных условий культивирования. В ходе процесса необходимо поддерживать оптимальные значения температур, показателя рН, вести контроль уровней в аппаратах, и т.д. Предполагается,

что переработка загрязнений будет проходить существенно быстрее их накопления, либо будет проводиться переработка и обезвреживание отходов уже не функционирующих производств. В этом случае имеет смысл строить на постоянные очистные сооружения, а использовать мобильную установку, которую можно сравнительно легко перевозить, монтировать, эксплуатировать в течении нескольких недель и переводить на новое место. В такой ситуации к традиционным требованиям к системе контроля и автоматизации процесса добавляется требование снижения объёма монтажных работ, в частности – снижения количества информационных жил от датчиков, контролирующих состояние процесса.

Студентами кафедры «Техническая кибернетика, мониторинг и автоматизированные системы контроля» под руководством доцента Д.В. Зубова в 2013 году разработана и внедрена система автоматизации стендовой установки для отработки очистки сточных вод с помощью иммобилизованных базидиомицетов.

Основными регулируемыми параметрами данного технологического процесса являются: температура во время процесса и величина показателя pH.

Поскольку оптимальная температура среды в технологическом процессе заведомо больше 0 °С и меньше 100 °С, но есть потенциальная необходимость в стерилизации аппаратов, в качестве датчиков температуры выбираем термометры сопротивления, которые за счёт своих размеров помогают несколько усреднить температуру по радиусу аппарата и уменьшить (по сравнению с термопарами) эффект случайных колебаний температуры. Традиционно для контроля температуры выбираются датчики ТСМ50 или ТПС100, подключаемые по трёхпроводной схеме (в более точной и дорогой четырёхпроводной схеме на реальном производстве, как правило, нет необходимости), соответственно – для измерения одной температуры необходимо 3 информационных жилы и 3 клеммы на блоке ввода. В нашем случае этот фактор существенно влияет на выбор контроллера и общую стоимость системы автоматизации.

В качестве материала термочувствительного элемента традиционно используют медь, платину, значительно реже – никель [1]. Платиновые термочувствительные элементы обладают высокой стоимостью и самой низкой чувствительностью ( $W_{100} = 1,385$ ), но и самой высокой стабильностью (при выдержке при постоянной температуре сопротивление не должно выходить за допустимые пределы, при проведении 10 циклов изменения температуры термометра сопротивления от верхнего до нижнего предела рабочего диапазона сопротивление при 0 °С должно оставаться в пределах допуска соответствующего класса). Никелевые термочувствительные элементы обладают самой высокой чувствительностью ( $W_{100} = 1,617$ ), но и самой низкой стабильностью, в них может наблюдаться явление гистерезиса, поэтому они не рассматривались в качестве возможных вариантов. Медные термочувствительные элементы обладают низкой стоимостью, большей чем платиновые чувствительностью ( $W_{100} = 1,428$ ) и меньшей стабильностью. Поскольку разница в суммарной стоимости датчиков мала по сравнению со стоимостью всей системы, то были выбраны платиновые термочувствительные элементы.

Проанализировав общее количество каналов стабилизации температуры и pH было решено выбрать микропроцессорные контроллеры программно-технического комплекса КОНТАР: контроллеры МС8 и МС5, соединенные между собой по протоколу RS-485, что позволило максимально увеличить быстродействие системы при минимальных капитальных вложениях (за счёт того, что каждый контур регулирования обрабатывается на одном контроллере, без затрат времени на передачу данных между контроллерами).



Рисунок 1. Одна из разработанных мнемосхем

Для снижения количества необходимых жил при сохранении достаточной точности были выбраны датчики TF65 PT1000, с диапазоном измерения от -30 до 150 °C, подключаемые по двухпроводной схеме. Номинальное сопротивление выбранных датчиков составляет 1000 Ом, что позволяет пренебречь изменением сопротивления соединительных информационных жил при изменении их температуры (сопротивление жил заведомо меньше 1 Ом, изменение сопротивления термосенсора при нагреве на 1 °C равно 3,9 Ом, точность представления температуры в ПЛК равна 0,1 °C). Конструкция головки термодатчика фиксируется подпружиненными винтами, что также ускоряет монтажные и демонтажные работы. Ввиду значительно тепловой инерции объектов используется релейный закон стабилизации температуры: при повышении температуры (вследствии тепловыделения при прохождении биологических процессов и тепловыделения перемешивающего устройства) выше заданной границы – открывается оптопара дискретного выхода, подавая напряжение 220 В на отсечной клапан на линии подачи охлаждающей воды, при понижении температуры ниже заданного значения – наоборот, закрывается.

Для контроля и стабилизации величины показателя pH используется насос-дозатор со встроенным контроллером pH Etatron PH-RX/MBV и автоматической температурной компенсацией. Встроенный контроллер реализует стабилизацию величины показателя pH по пропорциональному закону путём изменения расхода подачи титранта дозирующим насосом. Текущее значение измеренной величины показателя pH передаётся в контроллер по протоколу 4 – 20 мА.

Для измерения уровня используется датчик перепада давления ДДМ-03-МИ-10ДД-25, подключаемый по интерфейсу 4 – 20 мА, питание 24 VDC он также получает по токовой петле. Четырёхканальный блок питания 24 VDC, так же как и оба контроллера, размещается в шкафу автоматики.

Связь с компьютером, выполняющим функции АРМ оператора и сервера технологической информации осуществляется по интерфейсу Fast Ethernet, по витой паре категории 5е. Компьютер и шкаф автоматизации получают стабильное электропитание с блока бесперебойного питания.

Для предоставления информации оператору и хранения архива технологических пере-

менных и действий оператора разработана SCADA-система на базе КОНТАР АРМ, предоставляющая четыре вида мнемосхем, одна из разработанных мнемосхем – видеокадр данных в биофильтре – представлена на рисунке 1.

В настоящее время система обеспечивает стабилизацию температур в трёх аппаратах, поддержание значения показателя рН в двух аппаратах, контроль уровней среды в трёх аппаратах, удалённое управление двумя электродвигателями и отсечными клапанами. Система обладает запасом аппаратных возможностей для некоторого увеличения количества информационных каналов каждого типа (температура, 4 – 20 мА, сухой контакт, оптопара).

Работы по монтажу и пуску системы показали, что она может быть в короткие сроки демонтирована/смонтирована на месте новой дислокации.

#### Литература

1. ГОСТ Р 8.625-2006. Государственная система обеспечения единства измерений. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний.

### **Повышение точности количественного анализа культуральной жидкости на содержание нестойких компонентов с помощью тонкослойной хроматографии**

к.т.н. доц. Зубов Д.В., Солтанлы Н.М.  
Университет машиностроения  
8(499) 267-07-82, nauka@msuie.ru

*Аннотация.* Разработана система количественного анализа культуральной жидкости на содержание нестойких или быстроокисляющихся компонентов. Создана модель процесса и использующий её программно-технический комплекс. Проведено испытание системы для анализа культуральной жидкости на содержание астаксантина. Даны рекомендации для снижения погрешности анализа.

*Ключевые слова:* тонкослойная хроматография, количественный анализ, биотехнология, нестойкие компоненты.

Для текущего контроля биотехнологического производства необходимо помимо контроля технологических параметров (температура, давление, концентрация растворённого кислорода, величина показателя рН) анализировать содержание в культуральной среде собственно продуктов биосинтеза (например антибиотиков или аминокислот). Ввиду широкой номенклатуры получаемых методом биосинтеза продуктов в настоящее время представляется нереальным изготовление специализированных датчиков на каждый из продуктов. Сложный состав среды, часто – повышенное давление, требования к стерилизуемости датчиков вынуждают использовать отборы среды с её последующим химическим анализом.

В качестве быстрого метода качественного анализа часто применяется метод тонкослойной хроматографии (ТСХ), который позволяет быстро обнаруживать малые количества веществ (0,1-0,005 мкг). Суть метода состоит в том, что на хроматографическую пластинку наносят пробы разбавленной культуральной жидкости и индивидуальных веществ, край пластинки погружают в растворитель, который под действием капиллярных сил движется вдоль слоя сорбента и с разной скоростью переносит компоненты проб, что приводит к их пространственному разделению. После хроматографирования пластинку сушат и опрыскивают соответствующим проявителем, в результате чего компоненты смеси проявляются в виде окрашенных пятен, по положению, окраске и размеру которых можно судить о качественном и количественном составе пробы. Помимо проб с неизвестным составом на пластинку наносят пробы с известной концентрацией анализируемого вещества – так называемые свидетели.