

# Комплексная лабораторная установка, автоматизированная при помощи приборов ОВЕН

*Иван СИДЕЛЬНИКОВ,  
кандидат технических наук, доцент  
Владимир САДОВНИКОВ, студент МГУИЭ*

**Химическая, нефтяная, газовая, микробиологическая, лёгкая, пищевая и другие отрасли промышленности требуют высококвалифицированных инженеров, которых уже больше восьмидесяти лет готовит наш вуз. Естественно нашим студентам кроме теории нужна и практика, без которой очень трудно, а порой и невозможно понять суть того или иного технологического процесса. Частью этой практики являются лабораторные работы, подготавливаемые и проводимые кафедрой «Процессы и аппараты химической технологии». О них и пойдёт речь**

## Введение

Наша учебно-лабораторная база ещё недавно была оснащена устаревшим и изношенным оборудованием, но за последний год положение улучшилось. Лабораторное оборудование мы теперь обновляем при помощи хотя и немного, но всё-таки возросшего госфинансирования. Помогает нам и то, что средства автоматизации мы получаем бесплатно. Происходит это благодаря программе поддержки вузов, проводимой компанией ОВЕН.

В результате у нас заработала комплексная лабораторная установка, автоматизированная при помощи приборов ОВЕН. Она используется в учебно-лабораторном практикуме по курсам «Процессы и аппараты» и «Автоматизация технологических процессов». В дальнейшем мы надеемся точно так же обновить и другие лабораторные стенды.

## Возможности лабораторной установки

Новая установка предназначена для исследования совмещённой тепло- и массоотдачи на контактных элементах массообменного аппарата, а также гидродинамических явлений, протекающих в тарельчатых и насадочных колоннах (аппараты таких типов используются в промышленности для осуществления таких процессов, как абсорбция, ректификация, экстракция). Она состоит из двух колонных аппаратов – тарельчатого и насадочного – диаметром 200 мм. Тарельчатая колонна состоит из двух колпачковых тарелок, а насадочная оснащена керамическими кольцами размером 15x15x2 мм.

На тарельчатой колонне проводятся гидродинамические исследования, изучается совмещённый обмен теплом и массой, исследуется эффективность ПИД-регулятора, управляющего водонагревателем. На насадочной колонне ведутся только гидродинамические исследования.

Установка обеспечивает проведение следующих лабораторных работ:

- Определение коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи при взаимодействии газовой и жидкой фаз на контактных устройствах массообменных колонных аппаратов, исследование их зависимости от скорости газовой фазы.
- Исследование гидродинамических явлений в тарельчатых и насадочных колоннах.
- Изучение кривой разгона нагревателя воды, расчёт настроек ПИД-регулятора и сравнение их с настройками, полученными по программе предварительной и точной самонастройки прибора ТРМ 101–ПИ.

## Описание установки

Схема лабораторной установки показана на рис. 1. Работа на колоннах проводится попеременно, воздух в них подаётся от автономного вентилятора высокого давления, а расход воздуха регулируется изменением числа оборотов двигателя, управляемого с помощью преобразователя частоты VFD-V.

Для измерения расхода воздуха применяются счётчик газа RVG-100 (со встроенным импульсным датчиком чувствительностью 14025 имп./м<sup>3</sup>) и вторичный счётчик, в качестве которого мы используем счётчик импульсов ОВЕН СИ8, обозначенный СИ8(1). Расход воды на орошение колонн определяется с помощью ультразвукового счётчика (с импульсным датчиком чувствительностью 300 имп./литр) и счётчика ОВЕН СИ8, обозначенного СИ8(2).

В ходе исследования совмещённого обмена теплом и массой, идущего на тарелках, вода нагревается электронагревателем мощностью 13 кВт. Управление нагревом осуществляется при помощи ПИД-регулятора ОВЕН ТРМ101–ПИ, блока управления ОВЕН БУСТ и симисторов.

Перепад давления на тарелках и насадке измеряется датчиком типа Зонд 10–ИД–1021, имеющим токовый выход 4 – 20 мА, и вторичным измерителем, в качестве которого служит измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ201.

Замер относительной влажности и температуры воздуха под тарелками и над ними осуществляется при помощи двух преобразователей КИП–20 и двух вторичных приборов, в качестве которых применены два двухканальных измерителя ОВЕН ТРМ200, на схеме обозначенные ТРМ200(1) и ТРМ200(3).

Температура воды на входе и выходе колонны измеряется датчиками ТСМ–50М, подключенными к двухканальному измерителю ОВЕН ТРМ200 (на схеме – ТРМ200(2)).

Для защиты от аварий, возможных в случае попадания воды в воздухопроводы, счётчик газа и вентилятор, в трубопроводе устанавливаются два двухэлектродных кондуктометрических датчика, входящих в комплект сигнализатора уровня ОВЕН САУ–М7Е, к которому они и подключены.

Прибор ОВЕН САУ–М7Е в свою очередь включён в систему аварийных блокировок (АБ). В случае попадания в трубу воды система АБ перекрывает её подачу с помощью электроклапанов ЭКГ1 и ЭКГ2.

Для связи приборов установки с ПК используется адаптер интерфейса RS 232/RS 485 ОВЕН АС3. Результаты измерений передаются в компьютер, протоколируются и отображаются на мониторе.



Фото 1. Комплексная лабораторная установка

**Особенности выполняемых лабораторных работ**

При проведении гидродинамических исследований студенты, управляя частотным регулятором, изменяют расход воздуха. При этом с помощью компьютерной программы фиксируется перепад давления, возникающий на тарелках или насадках при различных расходах (скоростях) воздуха в «сухих» и «орошаемых» аппаратах.

По этим данным строятся экспериментальные графики зависимостей  $\Delta p = f(w)$ , полученные для «сухих» и «орошаемых» аппаратов, на которые студенты наносят дополнительно расчётные величины, полученные с помощью теоретических вычислений. Таким образом, происходит сравнение экспериментальных и расчётных данных, что способствует полному усвоению материала.

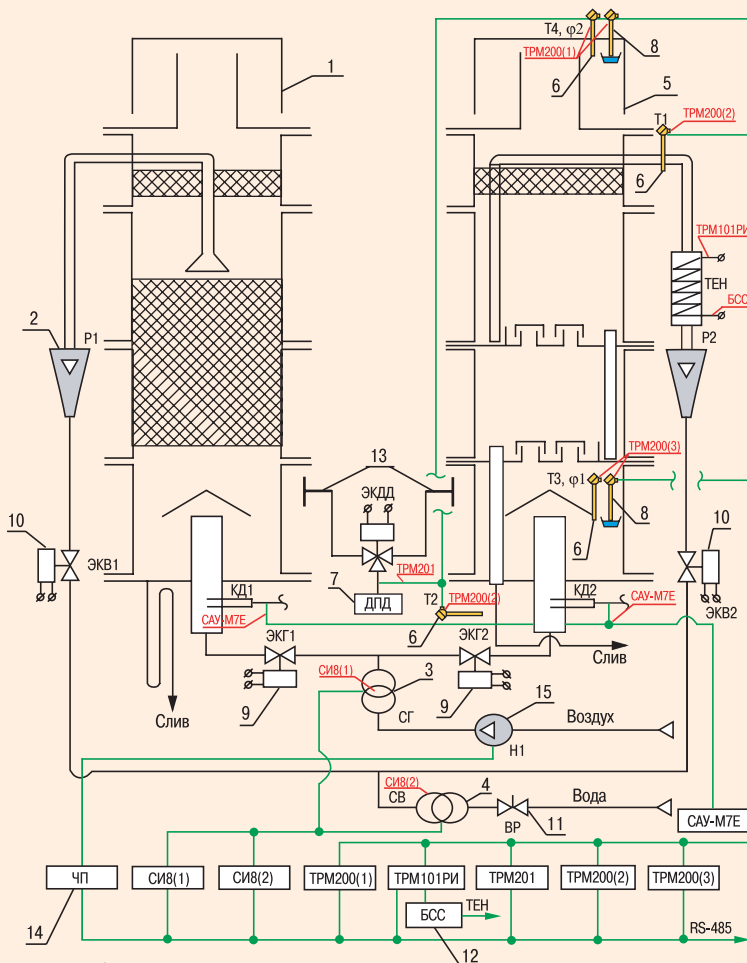
При исследовании обмена теплом и массой, идущего на тарелках, на орошение колонны подаётся вода, нагретая до 80 °С. Регулирование температуры воды осуществляется с помощью ПИД-регулятора ОВЕН ТРМ101-РИ, блока управления ОВЕН БУСТ, управляющие импульсы которого приоткрывают силовые симисторы и тем самым включают нагреватель. Воздух, взаимодействуя с горячей водой на тарелках, нагревается и насыщается влагой в соответствии с кинетическими характеристиками этого процесса: это коэффициенты теплоотдачи, массоотдачи и движущая сила процесса (разность температур, разность равновесного и рабочего влагосодержания).

Студенты исследуют зависимость интенсивности процесса отдачи тепла и массы от скорости воздуха. По измеренным параметрам (температуре и относительной влажности воздуха до взаимодействия с водой и после него, а также температуре воды на входе и выходе из аппарата), рассчитываются коэффициенты теплопередачи и массопередачи, после чего строится график их зависимости от скорости воздуха. Необходимые для этой работы параметры воздуха и воды фиксируются с помощью датчиков относительной влажности и температуры, подключенных к двухканальным измерителям ОВЕН ТРМ200, обозначенным ТРМ200(1) и ТРМ200(3).

В процессе измерения кривой разгона проточного водонагревателя студенты задают скачкообразные возмущения расхода воды, а затем с помощью компьютерной программы фиксируют выходной отклик нагревателя и результирующую температуру воды. Далее, используя предложенную методику обработки кривой отклика, студенты рассчитывают пропорциональную составляющую, постоянные времени дифференцирования и интегрирования, а затем сравнивают их с данными, полученными программой самонастройки ПИД-регулятора ОВЕН ТРМ101.

**Заключение**

Изделия компании ОВЕН испытаны нами не только в описываемом лабораторном стенде, но и в других установках, в настоящее



**Обозначения:**

- |  |                                   |  |
|--|-----------------------------------|--|
| 1 – Колонка с насадкой                             | 8 – Датчик влажности              | 12 – БУСТ с силовыми симисторами               |
| 2 – Ротаметр                                       | 9 – Электромагнитный клапан газа  | 13 – Датчик давления в колонне                 |
| 3 – Счётчик газа                                   | 10 – Электромагнитный клапан воды | 14 – Частотный преобразователь расхода воздуха |
| 4 – Счётчик воды                                   | 11 – Вентиль регулировочный       |  |
| 5 – Тарельчатая колонна с переливными устройствами |                                   |  |
| 6 – Термопара                                      |                                   |  |
| 7 – Датчик перепада давления                       |                                   |  |

Рис. 1. Схема лабораторной установки

время готовящихся к работе. Получив этот опыт, мы пришли к выводу, что приборы ОВЕН отличаются высокой надёжностью и широкими функциональными возможностями. Плюсом является и то, что консультации по их применению специалисты компании ОВЕН дают качественно и оперативно.

Так это сотрудничество, начатое по инициативе компании ОВЕН, оказалось очень полезным, из стен нашего университета ныне выходят специалисты, знакомые с самыми современными средствами автоматизации. ■