

УДК 664.951.3 : 658.562.012.7 (043.3)

Повышение эффективности процесса получения копильных препаратов

А.А. Маслов¹, А.Р. Власова¹, А.В. Власов¹, В.В. Яценко¹,
А.В. Кайченев¹, А.И. Прыгунов²

¹ *Политехнический факультет МГТУ, кафедра автоматики
и вычислительной техники*

² *Политехнический факультет МГТУ, кафедра технической механики*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы исследования динамики процесса сорбции дымовых газов для получения копильного препарата с целью повышения его эффективности, представлена схема малогабаритного аналога существующей установки для приготовления копильного препарата, предлагаются математическая модель процесса и структура системы автоматического управления.

Abstract. The paper describes aspects of studying the dynamics of the smoke sorption process for increasing efficiency of smoke liquid production. The scheme of a small-sized analogue of the apparatus for smoke liquid production has been presented. The mathematical model and structure of the automatic control system have been offered.

Ключевые слова: копильные препараты, абсорбер, процесс сорбции, математическая модель

Key words: smoke liquid, small installation, sorption process, mathematical model

1. Введение

Копчение – это один из важнейших традиционных способов обработки и сохранения рыбной и мясной продукции, который позволяет получать деликатесную продукцию, пользующуюся неизменным спросом у населения многих стран.

К основным достоинствам копчения можно отнести не только получение желательных органолептических свойств продукта (запаха, вкуса и цвета), но и обеспечение консервирующего воздействия (устойчивости к окислительным и микробиальным изменениям при хранении). Однако традиционно копчение (обработка продукта непосредственно древесным дымом) обладает и рядом недостатков, таких как: неоднородность получаемой продукции; наличие в дымовой смеси полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), обладающих канцерогенными свойствами; большие потери дыма и, как следствие, загрязнение окружающей среды (Курко, 1984).

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования процесса копчения является применение бездымных копильных сред, химический состав которых и параметры применения поддаются регулированию. Среди бездымных агентов, предлагаемых для целей копчения, наибольший интерес представляют жидкие копильные среды, получаемые на основе водных растворов дыма, как наиболее адекватные ему по составу, достаточно изученные и доступные, обладающие минимальной потенциальной токсичностью (гарантированное удаление смолистой фракции, содержащей канцерогенные ПАУ).

Все копильные средства по виду используемого для их получения сырья можно разделить на три группы (Баранов и др., 2006):

- препараты, получаемые в результате термоллиза древесины в специальных и энергохимических аппаратах и установках (например, "Вахтоль", МИНХ, "Амафил");
- препараты, получаемые в результате смешивания чистых химических реактивов (например, ВНИИМП-1);
- препараты, получаемые в результате конденсации копильного дыма (например, ВНИРО, "СКВАМА", "Charsol", "Liquid hickory smoke", "Griffiths natural smoke flavor").

Наилучшим исходным сырьем для производства копильных препаратов являются конденсаты древесного дыма.

К общим для всех способов получения недостаткам можно отнести: 1) высокую энергоемкость, 2) большую длительность процесса, 3) высокую сложность и трудоемкость контроля состава, 4) отсутствие математического описания процесса.

Настоящая работа посвящена повышению эффективности процесса получения копильного препарата путем оптимизации совокупности указанных затрат.

2. Постановка задачи

В совместных исследованиях (Власова и др., 2009; 2010; 2011) кафедр автоматики и вычислительной техники (АиВТ) и технологии пищевых производств Мурманского государственного технического университета (далее по тексту – МГТУ) большое внимание уделяется работам, направленным на совершенствование технологических процессов обработки и приготовления рыбной продукции (копчения, стерилизации и т.д.) за счет их автоматизации с последующей настройкой системы управления на оптимальные режимы работы. В статье рассматривается проблема автоматизации процесса приготовления коптильных препаратов с целью получения готового продукта, с характеристиками, удовлетворяющими технологическим требованиям, и снижения энергетических и трудовых затрат на его производство.

Для достижения поставленной цели планируется изучение динамики сорбции дымовых газов в воде с целью получения математической модели процесса, которая позволит автоматизировать получение коптильных препаратов и, как следствие, сократить общую продолжительность приготовления, затраты ресурсов и рабочего времени персонала. Данное исследование проводится на примере установки для производства коптильного препарата "Сквама-2", разработанной в МГТУ.

3. Описание объекта исследования

В качестве объекта исследования рассматривается процесс приготовления коптильного препарата "Сквама-2". Для его производства была разработан абсорбер, в котором производится многостадийная сорбция дымовых газов водой при противоточном и прямоточном движении контактирующих сред. Функциональная схема данного устройства представлена на рис. 1 (Ершов и др., 2001).

Работа установки заключается в следующем:

В первой по ходу движения дымовых газов зоне сорбции (I) происходит контакт дымовых газов, подаваемых из дымогенератора, с мелкодиспергированными частицами воды, а затем в зоне насадки дымовые газы взаимодействуют со стекающей пленкой воды, при этом среды движутся прямоточно. Во второй зоне (II) дымовые газы взаимодействуют с тонкостекающей пленкой воды в насадке, а затем контактируют с мелкодиспергированными форсункой частицами воды, при этом среды движутся противоточно. Контактное взаимодействие дымовых газов с водной средой в зонах III и IV аналогично таковому соответственно в зонах I и II. Дымовые газы на сорбцию поступают непрерывно, а определенный объем воды рециркулирует через форсунки с насадками и насыщается коптильными компонентами до заданной концентрации.

В процессе приготовления коптильного препарата в данной установке производится контроль температур получаемого коптильного препарата, дымовоздушной смеси на входе и выходе из аппарата, а также уровня коптильного препарата в абсорбере. Управление процессом сорбции осуществляется в ручном режиме. Процесс приготовления длится от 70 до 140 часов, в зависимости от желаемой насыщенности итогового продукта коптильными компонентами.

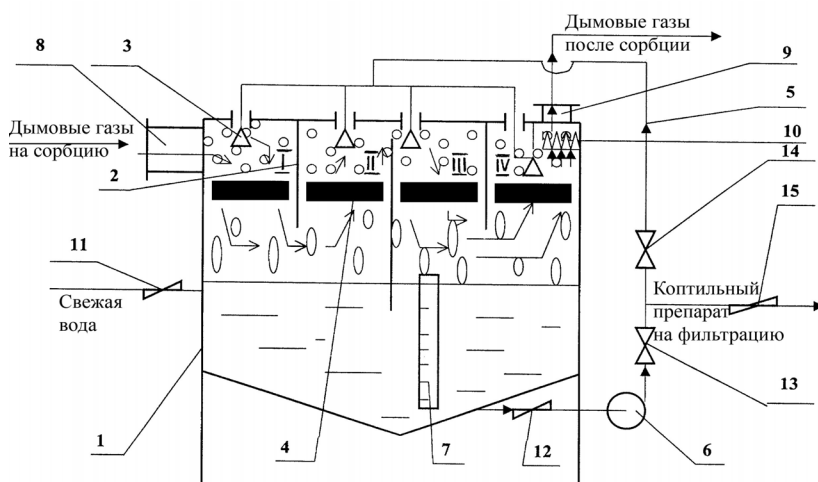


Рис. 1. Функциональная схема устройства для получения коптильного препарата

- 1 – корпус абсорбера,
- 2 – перегородки,
- 3 – форсунки,
- 4 – насадки,
- 5 – трубопровод,
- 6 – насос,
- 7 – водомерное стекло,
- 8,9 – патрубки,
- 10 – каплеуловитель,
- 11-15 – краны

Проведение экспериментов на существующей установке требует существенных материальных затрат (воды, опилок и электроэнергии), поэтому было предложено разработать малогабаритный аналог данной установки (габариты уменьшены примерно в 5 раз). На ее базе будут проводиться как

эксперименты по исследованию самого процесса сорбции дыма в воде, так и разработка, и настройка системы автоматического управления процессом получения копильного препарата. Впоследствии, благодаря снижению затрат на производство, простоте модификации и обслуживания, подобные установки могут быть предложены как альтернатива для малых предприятий.

Разрабатываемый абсорбер планируется сделать функционально соответствующим оригиналу, внося при этом ряд усовершенствований в его работу. Установка будет оборудована датчиками и исполнительными механизмами, которые позволят: обеспечить полную автоматизацию процесса приготовления копильного препарата; проводить исследования динамики процесса сорбции. Функциональная схема разрабатываемого устройства представлена на рис. 2.

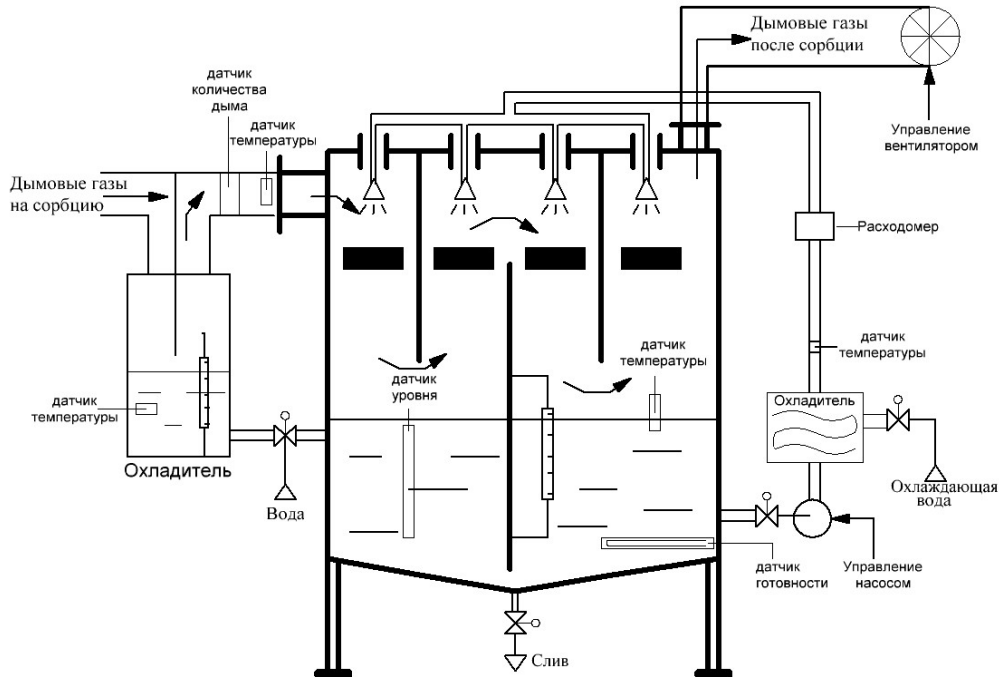


Рис. 2. Функциональная схема малогабаритной установки для получения копильного препарата

Особенностью реализуемого абсорбера является использование микроконтроллерного устройства контроля состава для определения степени готовности копильного препарата. Данное устройство было разработано научно-исследовательской группой кафедры АиВТ в ходе исследований в рамках ГБ НИР (Власова и др., 2009; Яценко, 2010). В основу работы прибора положен радиочастотный метод анализа. Согласно этому методу, на вход датчика подается набор тестовых сигналов, с выхода датчика снимается значение амплитуды выходного сигнала. По амплитудам входного и выходного сигналов строится амплитудно-частотная характеристика раствора. По данной характеристике рассчитывается модифицированный интегральный показатель $J\omega$, определяющий степень готовности препарата. Применение разработанного датчика позволит своевременно завершать процесс приготовления продукта, что приведет к сокращению затрат на процесс за счет уменьшения времени работы абсорбера.

4. Математическое описание процесса сорбции

В ходе исследований был выделен набор параметров, оказывающих влияние на протекание процесса сорбции дымовых газов в воде: температура жидкости в абсорбере, расход подаваемого в камеру дыма, температура подаваемого дыма, количество жидкости в абсорбере и температура окружающей среды. Так как уровень жидкости в абсорбере и условия постановки и проведения экспериментов (температура в лаборатории) будут поддерживаться на одном уровне, то их влияние на настоящем этапе исследований не учитывается в предлагаемой математической модели.

Априорная модель процесса сорбции дымовых газов в воде в общем виде представлена на рис. 3. Температура жидкости в абсорбере, расход дыма, температура дыма и модифицированный интегральный показатель обозначены $T_{абс}(p)$, $Q_d(p)$, $T_d(p)$ и $J\omega$ соответственно. $W_{абс1}(p)$, $W_{абс2}(p)$, $W_{абс3}(p)$ – передаточные функции, описывающие динамические характеристики абсорбера по каналам температуры жидкости, расхода дыма и температуры дыма вида:

$$W(p) = \frac{A_n \cdot p^n + A_{n-1} \cdot p^{n-1} + \dots + A_1 \cdot p + 1}{B_m \cdot p^m + B_{m-1} \cdot p^{m-1} + \dots + B_1 \cdot p + 1},$$

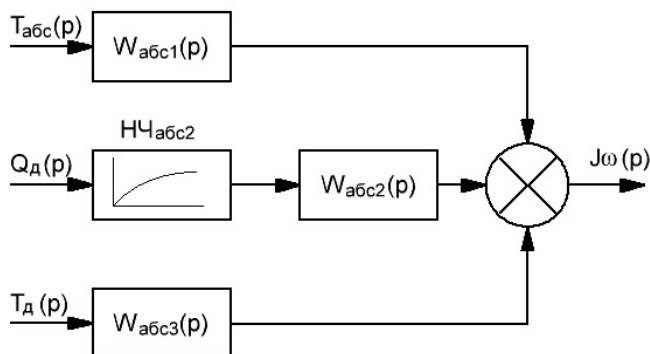
где $A_n \dots A_1, B_m \dots B_1$ – коэффициенты передаточной функции; p – оператор преобразования Лапласа.

Представленный на структурной схеме блок НЧ_{абс2} описывает нелинейную зависимость скорости насыщения копильного препарата компонентами от количества подаваемого в абсорбер дыма (рис. 3). Представленная модель процесса является предварительной, и, возможно, в результате экспериментов ее структура будет скорректирована и уточнена, а также будут определены параметры представленных передаточных функций.

Наличие автоматической системы управления при проведении опытов позволит поддерживать параметры процесса (температуры жидкости в абсорбере, расхода дыма и температуры подаваемого дыма) на заданных уровнях, обеспечит измерение и регистрацию параметров процесса в автоматическом режиме с достаточной точностью и требуемой частотой.

Рис. 3. Структурная схема абсорбера как объекта автоматического управления

$T_{абс}(p)$ – температура жидкости в абсорбере;
 $Q_d(p)$ – расход дыма;
 $T_d(p)$ – температура дыма;
 $J\omega(p)$ – модифицированный интегральный показатель



5. Структура аппаратных средств системы автоматического управления

Предлагаемая система управления должна контролировать следующие параметры: 1) температуру копильного препарата во входном охладителе, абсорбере и после выходного охладителя; 2) температуру дымовой смеси; 3) показания датчика количества (расхода) дыма, расходомера, датчиков уровня и готовности препарата. Также она должна осуществлять управление подачей дыма и воды, работой циркуляционного насоса и вытяжного вентилятора.

В настоящее время на рынке предлагается широкий спектр аппаратных средств и программного обеспечения для автоматизации технологических процессов, в частности, для управления технологическим оборудованием на нижнем уровне наибольшее распространение получили промышленные логические контроллеры (ПЛК). Это обусловлено их сравнительно невысокой стоимостью, достаточной производительностью и высокой надежностью. Одними из самых распространенных в России являются ПЛК производства отечественной фирмы "Овен".

Таким образом, для реализации системы автоматического управления процессом сорбции был выбран программируемый логический контроллер "ОВЕН" ПЛК-154, в памяти которого располагаются все управляющие алгоритмы, и который будет обеспечивать связь с модулями удаленного ввода/вывода. Для ввода аналоговых сигналов в систему управления предлагается использовать модуль ввода аналоговый МВА-8 "ОВЕН". Для ввода/вывода дискретной информации будут использоваться входы ПЛК-154, через него же будет осуществляться аналоговый вывод. Структура аппаратных средств системы управления представлена на рис. 4. Такая реализация позволит не только осуществлять управление процессом сорбции в автоматическом режиме, но и представляет собой гибкую платформу для проведения научных исследований.

6. Выводы

В статье рассматривается вопрос повышения эффективности процесса приготовления копильного препарата "Сквама-2". Для этого предлагается осуществить комплексную автоматизацию установки для производства данного препарата.

Для минимизации расходов на проведение экспериментов предложена функциональная схема малогабаритного абсорбера. С его помощью будут проведены эксперименты по оценке параметров передаточных функций математической модели процесса, а также выявлены основные зависимости между параметрами технологического процесса и интенсивностью сорбции.

В результате проведенного анализа существующих на рынке средств автоматизации, было принято решение реализовать систему автоматического управления процессом сорбции на базе аппаратных средств для промышленной автоматизации отечественной фирмы "ОВЕН". Предложена структура аппаратных средств системы управления на базе программируемого логического контроллера "ОВЕН" ПЛК-154.

Применение предложенной авторами автоматизированной установки позволит: 1) обеспечить проведение исследований динамики процесса сорбции дымовых газов в воде и построение математических моделей абсорбера, 2) повысить эффективность процесса за счет реализации оптимального автоматического управления.

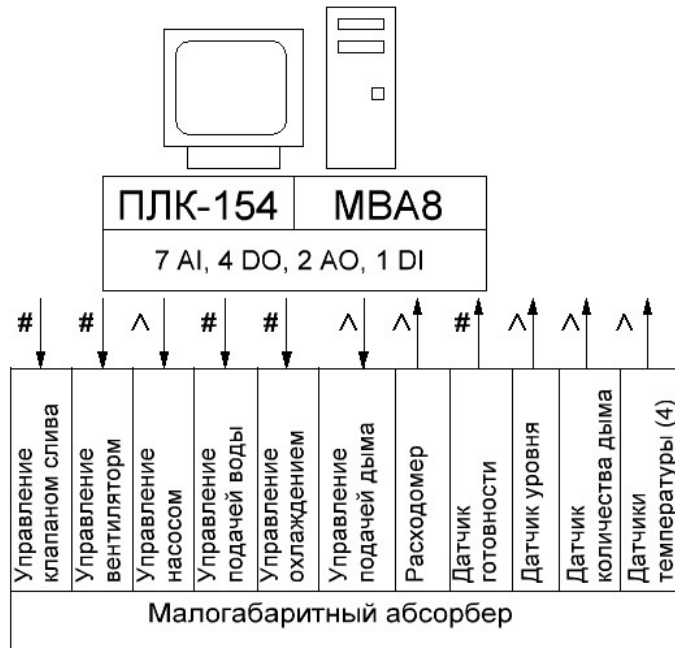


Рис. 4. Структура аппаратных средств системы управления

Литература

- Баранов Б.Б., Бражная И.Э., Гроховский В.А.** Технология рыбы и рыбных продуктов. Под ред. А.М. Еришова. СПб., ГИОРД, 940 с., 2006.
- Власова А.Р., Власов А.В., Маслов А.А.** Метод ВЧ-спектроскопии для исследования состава многокомпонентных растворов. *Рыбное хозяйство*, № 1, с.90-92, 2010.
- Власова А.Р., Власов А.В., Маслов А.А., Кайченев А.В., Яценко В.В.** Разработка малогабаритной установки для получения копильного препарата. *Наука и образование-2011: материалы междунар. науч.-техн. конф. (4-8 апреля 2011 г.)*. [Электронный ресурс]. Мурманск, МГТУ, с.1192-1196, 2011.
- Власова А.Р., Маслов А.А., Яценко В.В., Власов А.В.** Создание концентромера для непрерывного автоматического контроля параметров копильных препаратов. *Наука и образование-2009: материалы междунар. науч.-техн. конф.* [Электронный ресурс]. Мурманск, МГТУ, с.1147-1150, 2009.
- Ершов А.М., Гроховский В.А., Беспалова В.В., Дубровин С.Ю.** Способ получения копильного препарата и устройство для его осуществления: патент 2172106 Рос. Федерация: МПК А23В4/048; заявитель и патентообладатель: Мурманский государственный технический университет – 2000109770/13; заявл. 17.04.2000; опубл. 20.08.2001.
- Курко В.И.** Основы бездымного копчения. М., Легкая и пищевая промышленность, 228 с., 1984.
- Яценко В.В.** Совершенствование методов контроля качества жидких копильных сред на основе обобщенного показателя. *Автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 : 05.13.06*. Мурманск, МГТУ, 20 с., 2010.