

УДК 621. 1: 66. 063

С.Ф. ЯЦУН, В.Я. МИЩЕНКО, Д.И. САФАРОВ

Курский государственный технический университет, г. Курск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКИХ СРЕД

© Яцун С.Ф., Мищенко В.Я., Сафаров Д.И., 2006

Приведен мехатронный вибрационный модуль для интенсификации процесса перемешивания жидких сред с управляемыми параметрами.

Mechatronic vibratory module for liquid mix process intensification with guided parameters is presented.

Для интенсификации различных технологических процессов в химической, пищевой и других отраслях промышленности широко применяются аппараты с перемешивающими устройствами. При проведении процессов в аппаратах используются различные способы введения энергии в перемешивающую среду [1] (механический, циркуляционный, струйный, барботажный и т.п.).

Наибольшее распространение на практике получил механический способ перемешивания, который осуществляется путем воздействия рабочего органа на рабочую среду. Перемешивание происходит за счет либо вращательного, либо поступательного движения рабочего органа. Чаще всего используются устройства с вращательным движением рабочего органа, в качестве которого используются турбинные, лопастные, рамные, якорные и другие типы мешалок. Подробный анализ конструкций таких мешалок, расчет их основных параметров приведен в [1, 2].

Одним из перспективных типов перемешивающих устройств являются устройства с возвратно-поступательным движением рабочего органа. В этих устройствах насадки на рабочих органах выполнены в виде тарелок с коническими отверстиями. При движении рабочего органа возникает явление виброструйного эффекта, т.е. получение направленных в среднем движений жидкости, за счет ненаправленных в среднем вибрационных воздействий [3]. Этот эффект позволяет значительно ускорить процесс перемешивания за счет интенсификации обменных процессов на границах раздела фаз.

Для моделирования течения жидкости через перфорированные отверстия насадки был использован метод конечных элементов в сочетании с вычислительным пакетом ANSYS.

На рис. 1 и 2 показаны результаты расчета поля скоростей в жидкости при движении перфорированного диска для симметричного и несимметричного отверстий.

Проведенные исследования позволили разработать методику расчета вибрационного перемешивающего устройства. В результате расчетов установлено, что форма отверстий в перфорированной пластине существенно влияет на характер процесса перемешивания, так как вихреобразование в жидкости целиком и полностью определяется скоростью движения пластины и формой отверстий. Установлено, что несимметричные отверстия оказываются более эффективными в процессе перемешивания.

В процессе перемешивания параметры технологической нагрузки (объем, плотность, вязкость и т.д.) могут меняться, что снижает эффективность процесса перемешивания. Для повышения эффективности процесса был разработан вибрационный модуль (рис. 3). При создании этого модуля использовался мехатронный принцип конструирования [4, 5, 6], т.е. был разработан модуль с управляемым вибровоздействием в процессе работы.

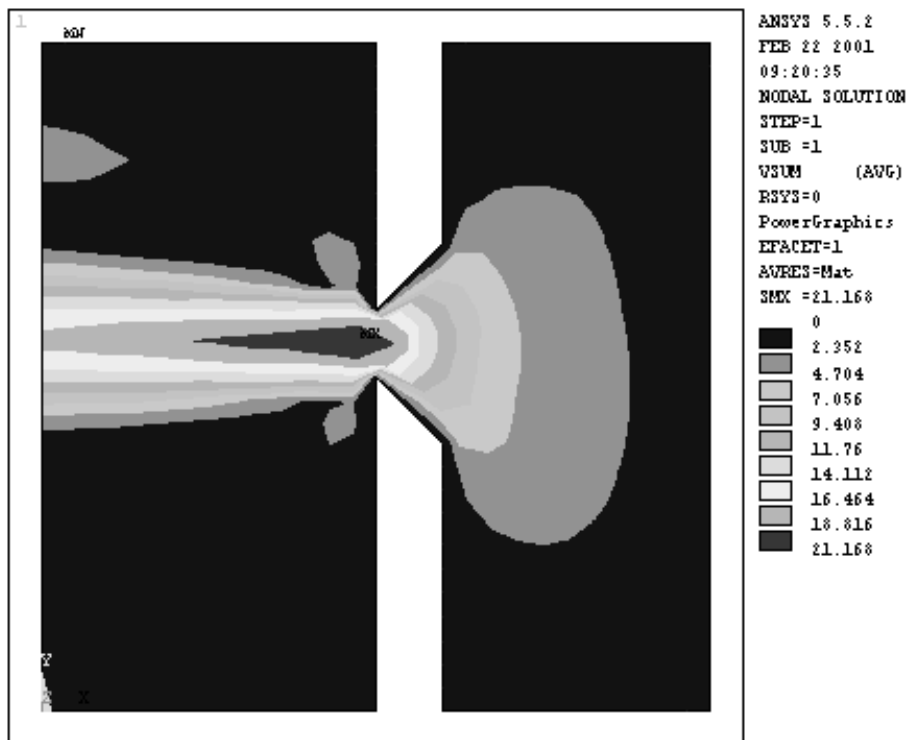


Рис. 1. Расчет течения перемешиваемой жидкости в симметричном рабочем органе смесителя

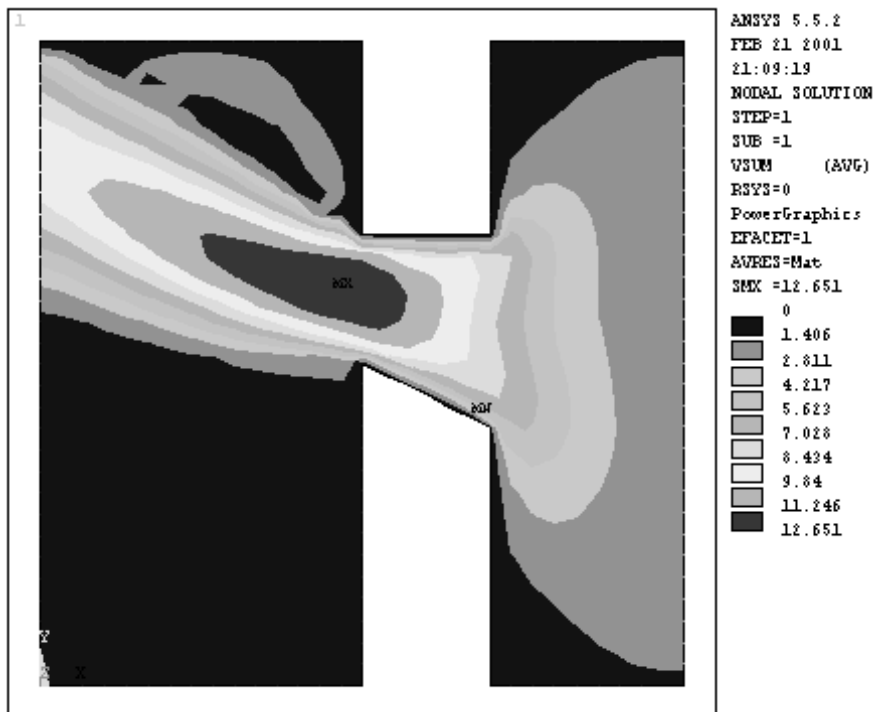


Рис. 2. Расчет течения жидкости в несимметричном канале рабочего органа смесителя

Модуль работает следующим образом. Вибрация от вибровозбудителя (в качестве вибровозбудителя используется электромагнитный управляемый вибропривод) передается передаточным механизмом рабочему органу, воспринимающему технологическую нагрузку. Обратная связь между каждым элементом схемы реализуется на основе регулятора, который выполнен на базе микроконтроллера, системы сенсоров, алгоритма управления, что обеспечивает эффективный рабочий режим и заданные характеристики движения рабочего органа при действии различных дестабилизирующих факторов (износа, температуры воздействий, изменения рабочей нагрузки и других).

Обработанный сигнал с акселерометра поступает на один из входов микроконтроллера, входящего в систему управления. Рассчитывается реальная частота колебаний вала рабочего органа, а также определяется рассогласование заданной и реальной частоты вала рабочего органа. Таким образом, осуществляется обратная связь по частоте, что позволяет вести управление по ошибке, $\Delta f \rightarrow \min$.

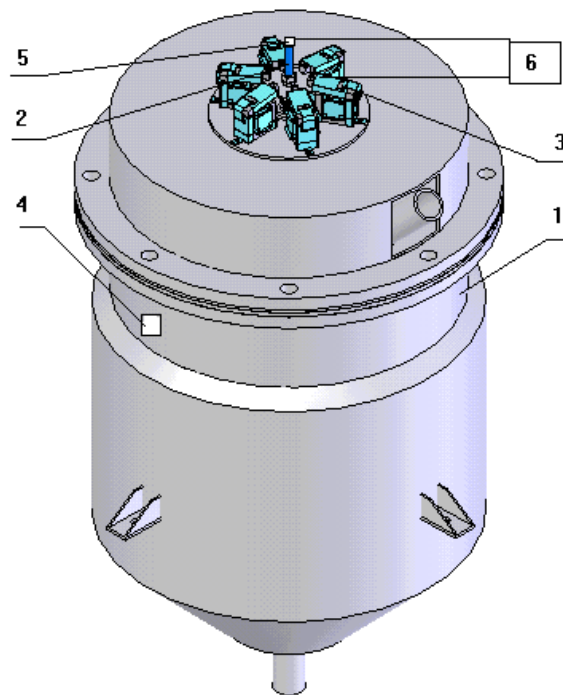


Рис. 3. Мехатронный модуль для проведения процесса перемешивания:
 1 – реактор; 2 – вал рабочего органа; 3 – вибропривод; 4 – термопара; 5 – акселерометр;
 6 – система управления

На рис. 4 показана структурная схема системы автоматического управления (САУ) частотой колебаний рабочего органа вибромодуля.

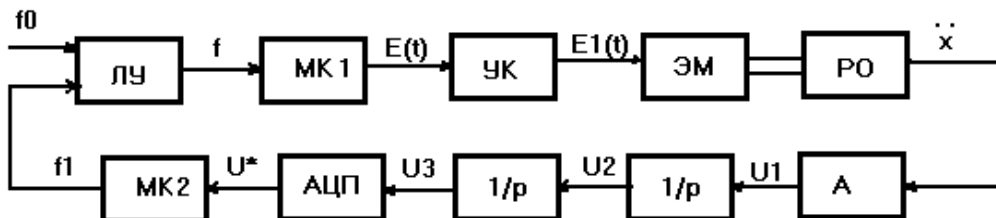


Рис. 4. Структурная схема САУ частотой колебаний: ЛУ – логическое устройство;
 МК – микроконтроллер; УК – усилительный каскад; ЭМ – электромагниты; РО – рабочий орган (вал с закрепленными на нем дисками); А – акселерометр; 1/p – интегратор;
 АЦП – аналого-цифровой преобразователь

Данная САУ обеспечивает подачу на электромагниты напряжения разной частоты амплитудой 220 В. Задающим воздействием является частота колебаний якорей электромагнитов. Обозначенные на структурной схеме логическое устройство (ЛУ), микроконтроллер (МК1, МК2) являются подпрограммами основной программы, зашитой в ППЗУ контроллера. В память контроллера вводится значение частоты в герцах, и начинается работа основной цикл программы. На выходе микроконтроллера (МК1) вырабатывается меандр амплитудой 5 В заданной частоты. Этот сигнал усиливается усилительным каскадом (УК) до необходимой амплитуды (220–300 В) и подается на электромагниты (ЭМ). Якори электромагнитов совершают качательное движение и сообщают возвратно-поступательное движение рабочему органу (РО). Датчик ускорения акселерометр (А) закреплен на валу. В данном случае рассматривается пьезоэлектрический аналоговый датчик, на выходе которого пропорционально ускорению рабочего органа вырабатывается напряжение. Для устранения помех сигнал с акселерометра дважды интегрируется, в результате чего он приобретает форму синусоиды. В качестве интеграторов можно применить аналоговые интеграторы, построенные на основе операционных усилителей. АЦП позволяет преобразовать аналоговый сигнал в цифровой, который можно завести на один из входов микроконтроллера. МК2 представляет собой подпрограмму определения реальной частоты колебаний электромагнитов. Для этого необходимо найти два ближайших экстремума функции $U^*(t)$, определить период и рассчитать реальную частоту.

Далее полученное значение частоты сравнивается с заданным, и если ошибка больше допустимой, происходит коррекция:

$$f = f_0 \pm \Delta f,$$

и с микроконтроллера выходит сигнал частотой f .

Для улучшения характеристик системы (Δf , быстродействия T , перерегулирования) можно ввести ПИД - регулятор, осуществляемый программно в микроконтроллере.

Введение обратной связи позволяет отслеживать процесс перемешивания.

Следовательно, оснащение вибрационного модуля современными датчиками, построение системы управления на основе микроконтроллера являются необходимыми для автоматизации процесса перемешивания жидких сред.

1. Васильцов Э.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред: Справочное пособие. – Л.: Машиностроение, 1979. – 272 с. 2. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. Л.: Химия, 1975. – 384 с. 3. Блехман И.И. Вибрационная механика. – М.: Физматгиз, 1994. – 400 с. 4. Захаров, И.С. Мехатронные вибрационные технологические машины / И.С. Захаров, С.Ф. Яцун // Мехатроника, автоматизация, управление: Сб. тр. I Всерос. науч.-техн. конф. – М.: Новые технологии, 2004. – С. 392 – 394. 5. Яцун, С.Ф. Вибрационные машины и технологии / С.Ф. Яцун, Д.И. Сафаров, В.Я. Мищенко, О.Г. Локтионова. – Баку: Элм, 2004. – 408 с. 6. Яцун С.Ф., Мищенко В.Я., Мищенко Е.В. Использование мехатронных модулей в вибрационных технологических процессах: Зб. наук. пр. Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Сер. Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава, 2005. – Вып. 16. – С.336 – 339.