

УДК 621

DOI: 10.12737/23190

Е.В. Мищенко, В.Я. Мищенко

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВИБРАЦИОННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрены новые подходы к проектированию оборудования, позволяющие интенсифицировать технологические процессы. Показано, что применение вибрационного оборудования, построенного по модульному принципу с использованием мехатронного подхода, является современным перспективным направлением создания технологических линий пищевых и перерабатывающих произ-

водств. Разработан технологический процесс экстрагирования пектина и создан автоматизированный комплекс по производству пектинового концентрата из свекловичного жома.

Ключевые слова: вибрационная техника, вибрация, мехатроника, экстрагирование, пектин.

E. V. Mishchenko, V. Ya. Mishchenko

NEW APPROACHES TO DESIGNING VIBRATORY TECHNOLOGICAL TECHNIQUE IN FOOD AND PROCESSING INDUSTRY

In the paper there are considered new approaches to designing equipment allowing intensifying technological processes. Among different forms of mechanical effects upon dispersion systems used in technological processes of food and processing industry, vibration occupies a significant place as one of the most efficient means for the creation of an essential dynamic state in dispersion systems. The application of vibration equipment allows improving principally common technological processes and developing new ones. At the same time many processes are accelerated dozens of times. Vibration machines are considerably simpler and more efficient than common ones and consume less power. Alongside with the technological processes intensification at the vibration impact upon material worked the final product quality is also improved.

On the basis of the results in theoretical and experimental investigations with the use of a mechatronics approach at designing the authors have developed

Переработка растительного сырья и производство продуктов питания относятся к числу одних из самых энергоемких технологических процессов с повышенными требованиями к конечному продукту. В настоящее время в перерабатывающих отраслях АПК теряется до 40 % сырья, наблюдается тенденция постоянного роста энергетической составляющей в себестоимости продуктов питания, достигающей до 20 %. С учетом этого остро ставятся проблемы создания и внедрения современных технологий, обеспечивающих

an automated complex for manufacturing a pectin concentrate from beet pulp through the method of vibratory extraction functioning on the basis of a module principle, and also the technology is offered allowing the realization of this process. At that the extracting degree increased by 30-35% in comparison with analogues and the period of extracting fulfillment decreased up to 30-35 min.

In such a way, using mechanotronic approaches to the creation of technological vibratory machines containing the methods for dynamic systems formation taking into account inseparable ties with mechanical, electromagnetic, hydrodynamic and heat-mass exchanging processes, the theory of automated control and current micro-controller means of control one can speak about the creation of a fundamentally new direction at designing vibratory technique for food and processing industry.

Key words: vibratory technique, vibration, mechatronics, extracting, pectin.

сокращение энергопотребления в сочетании со сбережением сырья и других ресурсов, усовершенствования технологического оборудования по переработке растительного сырья. Одним из перспективных направлений является создание вибрационного оборудования, позволяющего интенсифицировать технологические процессы.

Среди различных форм механических воздействий на дисперсные системы, используемые в технологических процессах пищевой и перерабатывающей про-

мышленности, вибрация занимает важное место, как одно из наиболее эффективных средств для создания необходимого динамического состояния дисперсных систем. Вибрацию часто целесообразно сочетать с другими видами механического воздействия. Применение вибрационной техники позволяет коренным образом усовершенствовать традиционные и разработать новые технологические процессы. В настоящее время большинство традиционных технологий могут осуществляться с помощью вибрационной техники. При этом многие процессы ускоряются в десятки раз. Вибрационные машины значительно проще и эффективнее обычных, потребляют меньше энергии [1; 2]. Наряду с интенсификацией технологических процессов при вибрационном воздействии на обрабатываемый материал улучшается качество конечной продукции. Так, при перемешивании сыпучих материалов достигается высокая степень однородности смесей, при формовании обеспечиваются одинаковые свойства по всему объему изделия и т.д. [2].

Для реализации вибрационных технологических процессов, используемых в пищевой и перерабатывающей промышленности, необходимо проектировать оборудование, которое позволяло бы созда-

вать необходимые вибрации. Поэтому при разработке вибрационных технологических машин конструкторам необходимо учитывать связь основных технологических показателей с особенностями технологического процесса и оборудования, а также взаимодействия рабочего органа вибрационной машины с технологической нагрузкой.

Известно, что основными элементами вибрационной машины являются вибровозбудитель и рабочий орган. Вибровозбудитель предназначен для создания требуемого режима вибрационного воздействия, а рабочий орган представляет собой специальное устройство, с помощью которого осуществляется технологический процесс. Роль технологической или полезной нагрузки выполняют тела или среды, на изменение свойств и состояния которых направлен тот или иной технологический процесс.

Современные вибрационные машины относятся к устройствам, в которых движение рабочего органа определяется динамическими свойствами механической системы и типом вибровозбудителя. В общем случае структурная схема технологической вибромашины может быть представлена так, как показано на рис. 1.

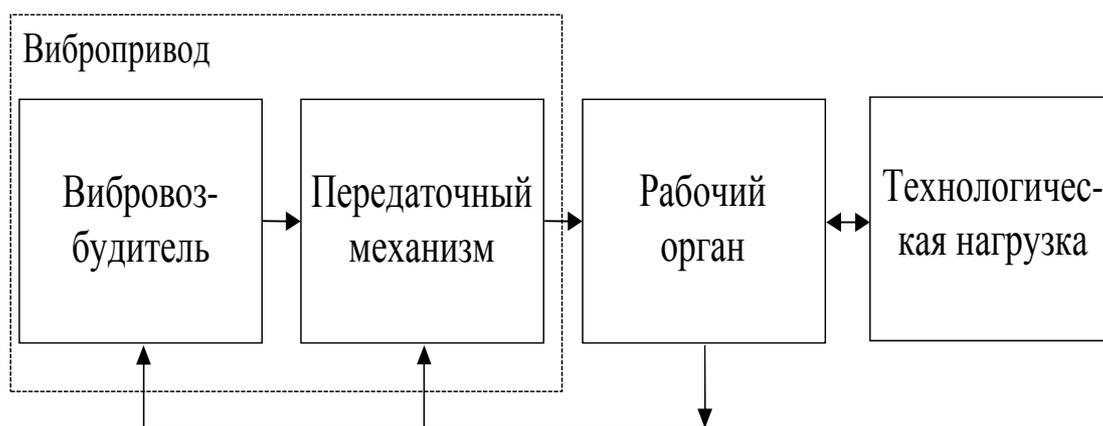


Рис. 1. Структурная схема технологической вибромашины

Показанная на рис. 1 схема дает представление о составных частях и принципе действия технологической вибромашины. Механическая вибрация от вибровозбудителя посредством передаточного

механизма передается на рабочий орган, воспринимающий технологическую нагрузку. Обратная связь реализуется между всеми элементами схемы для обеспечения наиболее эффективного рабочего режима и

стабилизации характеристик движения рабочего органа при действии различных дестабилизирующих факторов.

Режим колебания рабочего органа должен быть оптимальным для каждого конкретного случая использования вибромашины, потому что правильный подбор его параметров существенно снижает технологическую нагрузку, повышает стойкость инструмента, увеличивает производительность машины и т.д. При изменении технологической нагрузки часто возникает необходимость изменения параметров вибрации, чтобы машина работала в оптимальном режиме. В реальных машинах сделать это довольно проблематично, так как приводы, используемые в этих машинах, в основном являются неуправляемыми. Поэтому возникла задача создания новых технологических вибромашин с управляемыми параметрами. Для решения этой задачи можно использовать подходы, основанные на новом научном направлении - мехатронике. В основу современной мехатроники положен симбиоз механики и электроники с учетом принципов интеллектуального управления. Мехатронный подход в создании современного технологического оборудования заключается в переносе функциональной нагрузки от меха-

нических узлов к интеллектуальным, которые легко перепрограммируются под новую задачу. При этом конструирование современных мехатронных систем осуществляется по модульному принципу, то есть существуют механические компоненты (передаточные механизмы, звенья), электромеханические компоненты (двигатели, тормоза, муфты), электронные, микропроцессорные, информационные и сенсорные устройства, объединенные в одном корпусе [3; 4].

Основные преимущества мехатронных модулей:

- исключение многоступенчатого преобразования энергии и информации, упрощение кинематических цепей и, следовательно, высокая точность;
- конструктивная компактность;
- возможность объединения мехатронных модулей в сложные мехатронные системы;
- способность выполнять сложное движение благодаря применению методов адаптивного и интеллектуального управления.

С учетом этого структурную схему мехатронного технологического вибрационного модуля можно представить так, как показано на рис. 2.

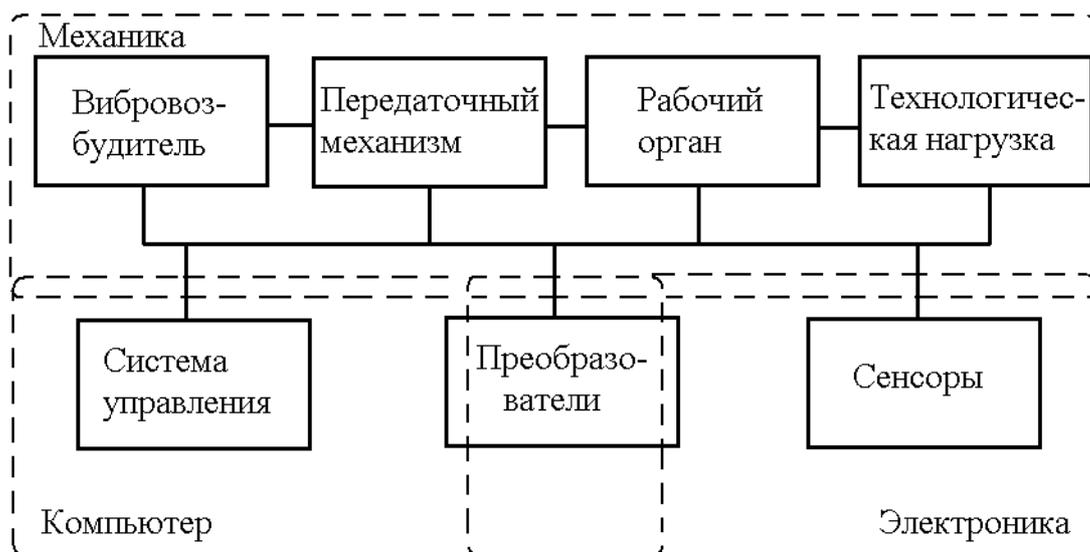


Рис. 2. Структурная схема мехатронного технологического вибрационного модуля

Модуль работает следующим образом. Вибрация от вибровозбудителя (в качестве вибровозбудителя предлагается ис-

пользовать электромагнитный управляемый вибропривод) передается передаточным механизмом рабочему органу, вос-

Комплекс состоит:

- из модуля измельчения (в котором свекловичный жом измельчается до нужного размера), включающего в себя мельницу 1 и резервуар 2;

- модуля набухания (в котором проводится процесс гидратации, то есть насыщение порошка жома водой и последующий гидролиз), состоящего из смесителя 3 и центрифуги 4;

- модуля экстракции (в котором проводится процесс виброэкстракции и извлечения пектиновых веществ из раствора), состоящего из виброреактора 5 и центрифуги 6;

- модуля фильтрации 7 (в котором пектиновый экстракт фильтруется и концентрируется до требуемой величины);

- системы автоматического управления 8 (которая отвечает за последовательность и длительность стадий технологического процесса и представляет собой микроконтроллер и систему датчиков, контролирующую определённые параметры различных стадий).

Комплекс работает следующим образом. Сырьё (сухой свекловичный жом) поступает в мельницу 1. Измельченный жом хранится в резервуаре 2, откуда поступает в смеситель 3, где проходит процесс гидролиза порошка жома в кислотном растворе. Система автоматического управления 8 поддерживает в смесителе 3 рабочую температуру и заданную кислотность. Затем раствор поступает в центрифугу 4, где от твердой фазы отделяется раствор кислоты (который подается обратно в смеситель для повторного использования), а твердая фаза поступает в виброреактор 5, где про-

ходит процесс виброэкстракции. Система автоматического управления 8 поддерживает в виброреакторе 5 заданную температуру и частоту колебаний. Далее пектино-содержащая пульпа подается в центрифугу 6, где раствор пектина отделяется от частиц жома. Затем раствор пектина проходит фильтрацию и концентрацию в модуле фильтрации 7 до получения пектинового раствора нужной концентрации.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований был разработан технологический процесс экстрагирования пектина с использованием вибрационного воздействия и создан автоматизированный комплекс по производству пектинового концентрата из свекловичного жома, являющегося много-тоннажным отходом свеклосахарного производства [5-8]. Проведенные эксперименты показали достаточно высокую эффективность вибрационного экстрагирования. При этом степень экстрагирования повысилась на 30–35 % по сравнению с аналогами, а время проведения процесса экстрагирования сократилось до 30–35 мин.

Таким образом, используя мехатронные подходы к созданию технологических вибромашин, включающие в себя методы построения динамических систем с учетом неразрывной связи механических, электромагнитных, гидродинамических и теплообменных процессов, теорию автоматического управления и современные микроконтроллерные средства управления, можно говорить о создании принципиально нового направления при проектировании вибрационной техники для пищевой и перерабатывающей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яцун, С.Ф. Вибрационная техника в пищевой и перерабатывающей промышленности: учеб. пособие/ С.Ф.Яцун, В.Я.Мищенко, Е.В.Мищенко. – Курск: Кур. гос. техн. ун-т, 2009. – 148 с.
2. Яцун, С.Ф. Вибрационные машины и технологии/ С.Ф.Яцун, Д.И.Сафаров, В.Я.Мищенко, О.Г.Локтионова. - Баку: Элм, 2004. – 408 с.
3. Егоров, О.Д. Конструирование мехатронных модулей/ О.Д.Егоров, Ю.В.Подураев. - М.: Станкин, 2004. – 360 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. Автоматизированный комплекс для получения пектиновых веществ/ С.Ф.Яцун, В.Я.Мищенко, А.В.Мальчиков// Автоматизация. Современные технологии. - 2012. - № 8. – С. 31-34.

6. Яцун, С.Ф. Использование вибрационного воздействия в процессах массообмена/ С.Ф.Яцун, В.Я.Мищенко, Е.В.Мищенко// Известия вузов Северо-Кавказского региона. Технические науки. - 2008. - № 5. – С. 99-101.
7. Яцун, С.Ф. Извлечение пектина из растительного сырья с использованием вибрационного воздействия/ С.Ф.Яцун, М.Б.Коновалов,

- В.Я.Мищенко, А.В.Сухочев// Известия вузов. Пищевая технология. - 2006. - № 1. – С. 101-103.
8. Мищенко, Е.В. Моделирование процесса экстракции пектиновых веществ из свекловичного жома с применением вибрационного воздействия/ Е.В.Мищенко, В.Я.Мищенко// Вестник Орловского государственного аграрного университета. - 2011. - № 3 (30). – С. 80-82.

1. Yatsun, S.F. Vibratory Technique in Food and Processing Industry: textbook / S.F.Yatsun, V.Ya.Mishchenko, E.V.Mishchenko. – Kursk: Kursk State Tech. University, 2009. – pp. 148.
2. Yatsun, S.F. *Vibratory Machines and Technologies*/ S.F.Yatsun, D.I.Safonov, V.Ya.Mishchenko, O.G.Loktionova. - Baku: Elm, 2004. – pp. 408.
3. Yegorov, O.D. *Mechanotronic Modules Design*/ O.D.Yegorov, Yu.V.Poduraiev. - M.: Stankin, 2004. – pp. 360.
4. Zakharov, I.S. Mechanotronic vibratory technological machines/ I.S.Zakharov, S.F.Yatsun// *Mechanotronics, Automation, Control: Proceedings of the 1st All-Russian Sc.-Tech. Conf.* – M.: New Techniques, 2004. – pp. 392-394.
5. Yatsun, S.F. Automated complex for manufacturing pectin matters/ S.F.Yatsun, V.Ya.Mishchenko, A.V.Malchikov// *Automation. Current Techniques.* - 2012. - № 8. – pp. 31-34.

6. Yatsun, S.F. Use of vibration effect in processes of mass exchange/ S.F.Yatsun, V.Ya.Mishchenko, E.V.Mishchenko// *Proceedings of Colleges of the North-Caucasus region. Engineering Sciences.* - 2008. - № 5. – pp. 99-101.
7. Yatsun, S.F. Pectin extraction from vegetable raw materials using vibratory impact/ S.F.Yatsun, M.B.Konovalev, V.Ya.Mishchenko, A.V.Sukhochev// *Proceedings of Colleges. Food Technique.* - 2006. - № 1. – pp. 101-103.
8. Mishchenko, E.V. Modeling of pectin matter extracting from beet pulp using vibratory impact/ E.V.Mishchenko, V.Ya.Mishchenko// *Bulletin of Orel State Technical University.* - 2011. - № 3 (30). – pp. 80-82.

Статья поступила в редколлегию 18.10.2016.

Рецензент: д.т.н., профессор Орловского государственного университета
Савин Л.А.

Сведения об авторах:

Мищенко Елена Владимировна, к.т.н., доцент кафедры «Инженерная графика и механика» Орловского государственного аграрного университета, докторант Юго-Западного государственного университета (г. Курск), тел.: 8-953-623-22-45, e-mail: art_lena@inbox.ru.

Mishchenko Elena Vladimirovna, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. “Engineering Drawing and Mechanics”, Orel State Agricultural University, D. Eng. Degree competitor of South-Western State University (Kursk), e-mail: art_lena@inbox.ru.

Мищенко Владимир Яковлевич, к.т.н., доцент кафедры механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета (г. Курск), e-mail: mishenko47@mail.ru.

Mishchenko Vladimir Yakovlevich, Can. Eng., Assistant Prof of the Dep. “Mechanics, Mechatronics and Robotics”, South-Western State University (Kursk), e-mail: mishenko47@mail.ru.