

**Експериментальні дослідження процесів віброударного зневоднення
вологих дисперсних харчових відходів
Experimental research of processes vibro-blowing of dehydration of damp
disperse food waste**

**Экспериментальные исследования процессов виброударного
обезвоживания влажных дисперсных пищевых отходов**

*Севостьянов Иван Вячеславович
Sevostyanov Ivan Vjacheslavovich
Севостьянов Иван Вячеславович*

Анотація. У статті приводяться схема експериментального стенда з гідроімпульсним приводом для віброударного зневоднення вологих дисперсних харчових відходів. Представлено графіки отриманих за допомогою стенда експериментальних залежностей, згідно із якими пропоновані спосіб і обладнання забезпечують нижчу у порівнянні з відомими механічними способами зневоднення кінцеву вологість відходів – 20 – 25%.

Аннотация. В статье приводятся схема экспериментального стенда с гидроимпульсным приводом для виброударного обезвоживания влажных дисперсных пищевых отходов. Представлены графики полученных с помощью стенда экспериментальных зависимостей, в соответствии с которыми предлагаемые способ и оборудование обеспечивают более низкую по сравнению с известными механическими способами обезвоживания конечную влажность отходов – 20 – 25%.

The summary. The results of experimental researches aimed at definition of efficiency of the offered method of vibro-blowing dehydration of a damp disperse food waste (coffee slime, beet press, spirit bards) at the stand with a hydraulic pulse drive (GPD) is presented in this article. For receiving and processing experimental data, except the stand the strain-measuring sensors of pressure and moving, analogue-digitizer, personal computer, software package LGraph2 and methods of probability theory have been used. As a result the experimental dependences of efficiency parameters of vibro-blowing dehydration processes (productivity on the liquid, that was removed from waste, power consumption and final humidity of waste) on loading parameters (amplitude and frequency of fluctuations of stand vibro-table, the maximum pressure in hydrocylinder GPD and average speed of the pallet with waste) have been received. By means of the given dependences it is established, that the offered method in comparison with other known mechanical methods provides essentially lower final humidity of waste (20 - 24% vs 30 - 76%), in comparison with electrolytic and thermal methods it is much less power-consuming, and in comparison with chemical and biological methods it is more productive and less material-consuming in realization. Use of the offered method and the equipment at the food-processing industry enterprises will allow to solve a pressing problem of recycling of their damp disperse waste, simultaneously reducing negative influence

on the nature and receiving of the valuable additions to agricultural forages or high-calorific fuel.

Ключові слова: віброударне зневоднення, вологі дисперсні харчові відходи, гідроімпульсний привод.

Keywords: vibro-blowing dehydration, a damp disperse food waste, hydraulic pulse drive.

Ключевые слова: виброударное обезвоживание, влажные дисперсные пищевые отходы, гидрои́мпульсный привод.

Введение

Серьезной проблемой ряда отечественных предприятий пищевой промышленности является проблема утилизации их отходов, в том числе, спиртовой барды, пивной дробины, свекловичного жома, кофейного и ячменного шлама, которые относятся к влажным дисперсным материалам. В большинстве случаев данные отходы выливаются на грунт, что приводит к загрязнению окружающей среды, кроме того, часто требует затрат на их транспортировку. Более рационально осуществлять обезвоживание отходов до влажности 20 – 25%, что позволяет использовать их твердую фазу в качестве ценной добавки к сельскохозяйственным кормам либо как топливо. Жидкая фаза отходов (вода) после достаточно качественной очистки может быть возвращена в природу без негативных последствий для нее или повторно использоваться на производстве. Таким образом, задача разработки высокоэффективных способов и оборудования для обезвоживания влажных дисперсных пищевых отходов является достаточно актуальной.

Основная часть

К известным и распространенным механическим способам обезвоживания дисперсных пищевых отходов относятся прессование на шнековых, вальцовых и ленточных прессах, а также центрифугирование на сепараторах и декантерных центрифугах [1]. Данные способы и оборудование как правило не обеспечивают конечной влажности отходов – U_k ниже, чем 70 – 76% [1]. Правда в отдельных случаях при обезвоживании на шнековых прессах свекловичного жома может быть достигнута $U_k = 30 – 40%$ [2], однако при этом существенно снижается производительность рабочего процесса. Меньшее распространение получило оборудование для вибрационного обезвоживания – вибросита, виброгрохоты, виброцентрифуги, вибросепараторы [3]. Последнее обусловлено тем, что при их использовании для достижения низких U_k необходимо практически непрерывно изменять частоту и амплитуду вибраций в соответствии с изменением физико-механических характеристик обрабатываемых отходов. А это, в свою очередь, требует применения сложной аппаратуры контроля и регулировки [3]. Электролитическое обезвоживание является малопродуктивным и достаточно энергоемким способом [1]. Термические способы, осуществляемые на барабанных, распылительных, вакуумных сушилках, требуют при реализации наибольших затрат энергии и

поэтому используются преимущественно для окончательного обезвоживания [4]. Так, энергоемкость обезвоживания свекловичного сока и спиртовой барды на наиболее экономичных вакуумных сушилках составляет $\mathcal{E}_o = 740 - 760$ кВт·ч/т выпаренной жидкости [4]. Химические и биологические способы часто малопродуктивны (длительность фазового разделения порции рассматриваемых отходов может составлять от 10 до 40 ч), а оборудование для их осуществления является чрезвычайно громоздким и дорогим [1, 4].

В связи с вышеизложенным, нами для обезвоживания влажных пищевых отходов предлагается способ виброударной инерционной нагрузки на оборудовании с гидроимпульсным приводом (ГИП) [5]. Высокая эффективность предлагаемого способа по сравнению с известными способами (по производительности, энергоемкости, обеспечиваемой конечной влажности отходов) была доказана теоретически [1, 6] и на основании расчетов [7]. Однако для более обоснованного утверждения про их высокую эффективность необходимо создать стенд с ГИП для виброударного обезвоживания и провести на нем эксперименты по удалению жидкой фазы из основных видов пищевых отходов.

На рис. 1 представлены схема и фотография данного стенда, созданного нами на базе инерционного вибропресс-молота с ГИП модели ИВПМ-16 [5]. Стенд содержит основной гидроимпульсный и вспомогательный гидравлический приводы с насосами соответственно 21 и 26. Кроме насоса ГИП включает предохранительный клапан 28, регулятор расхода 9, гидрораспределитель 20, одноцикловый гидроаккумулятор 22 и основной элемент управления и регулирования ГИП – вибровозбудитель 23 [5]. В состав вспомогательного привода входят также гидрораспределитель 24, фильтр 25 и переливной клапан 27. Собственно вибропресс состоит из: станины 2 с колоннами 19 и на виброопорах 18; основного гидроцилиндра 14 ГИП; вспомогательного гидроцилиндра 1; вибростола 11, жестко связанного с плунжером гидроцилиндра 14 и подпружиненного относительно станины 2; подвижной траверсы 4 с инерционными пригрузами 3, приводимой с помощью гидроцилиндра 1. Технологическая оснастка для обезвоживания включает: валки 5, 8, установленные в подшипниках скольжения на траверсе 4 и вибростоле 11, поддон 6 С-образного поперечного сечения (см. также разрез А–А на рис. 1) с большим числом сквозных мелких отверстий, закрытых сверху фильтровальной тканью; закрепленные на вибростоле кронштейны 7 для поддержки поддона; установленный вокруг вибростола желоб 10, связанный посредством эластичной трубки 12 с баком 15.

В процессе экспериментов со стендом порция отходов (кофейного шлама, свекловичного жома или спиртовой барды), с начальной влажностью $U_n = 75\%$ укладывалась слоем толщиной 5 мм на поверхность поддона 6. Включался насос 26 вспомогательного гидропривода; гидрораспределитель 24 переключался в нижнюю по схеме позицию. В результате поршень гидроцилиндра 1 и вместе с ним траверса 4 с пригрузами 3 и валком 5 поднимались вверх до упора. Между валками 5 и 8 на кронштейны 7 устанавливался поддон с отходами. Гидрораспределитель 24 переключался в

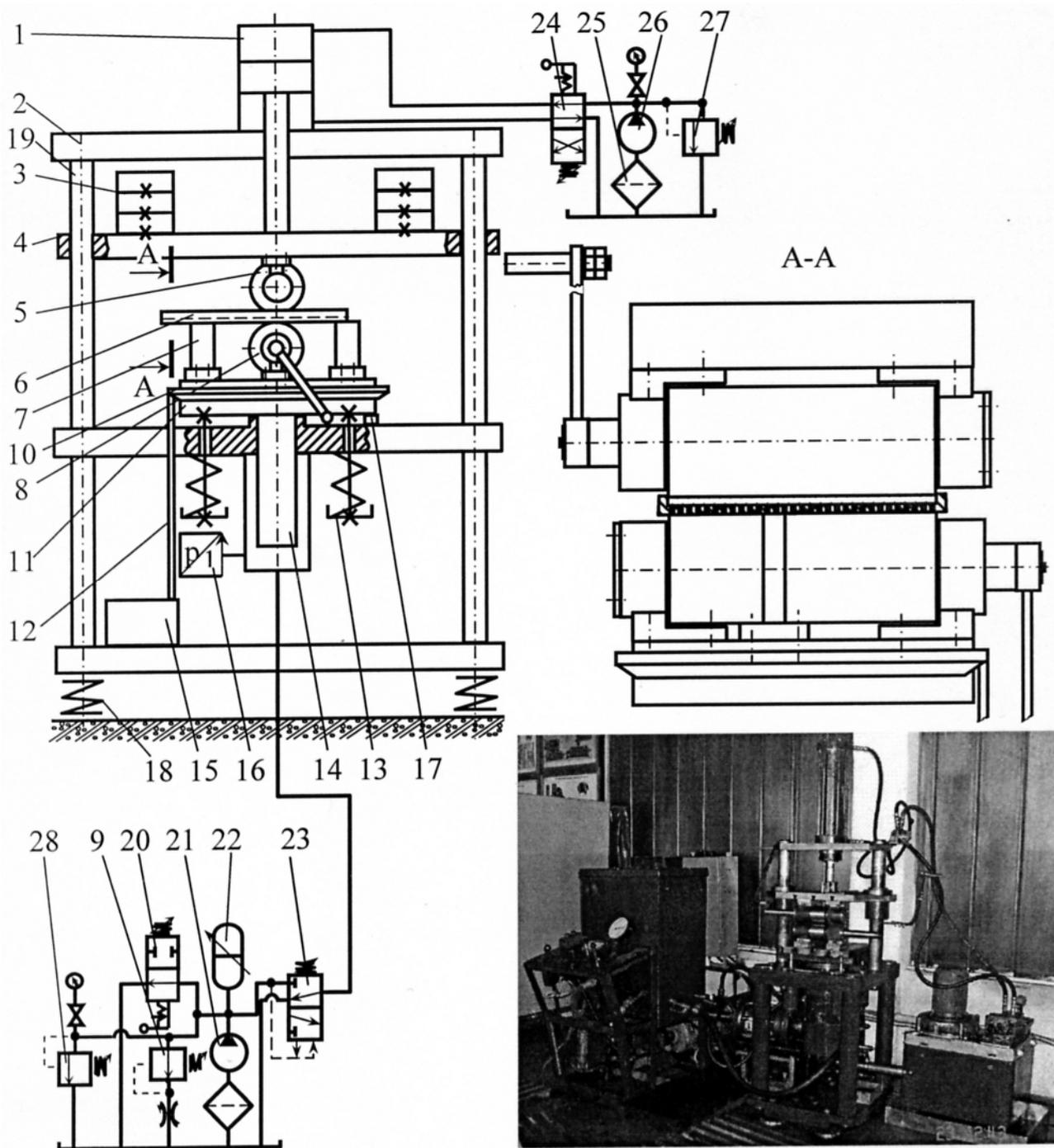


Рис. 1. Принципиальная гидрокинематическая схема экспериментального гидроимпульсного стенда для віброударного обезвоживания влажных дисперсных пищевых отходов на базе вібропреса ИВПМ-16

верхнюю позицию, обеспечивая опускание траверсы 4 с валком 5 до установки последнего на порцию отходов. При необходимости, с помощью клапана 27 в гидросистеме вспомогательного привода настраивалось определенное давление рабочей жидкости (контролируемое по манометру) и соответствующее заданному усилию $P_{ст}$ статического прижима валка 5 к порции отходов (см. ниже). Запускался насос 21 ГИП; гидрораспределитель 20 переключался в верхнюю позицию. В следствии автоматического переключения вибровозбудителя 23 из одной рабочей позиции в другую, давление рабочей

жидкости в полости гидроцилиндра 14 периодически изменялось от $p_2 = 2$ МПа до $p_1 = 11$ МПа (значения p_1, p_2 можно предварительно и точно регулировать) [6]. Таким образом, плунжер 14 и вместе с ним вибростол 11, валки 5 и 8, поддон с порцией отходов, и траверса 4 с пригрузами 3 осуществляли вертикальные возвратно-поступательные перемещения с частотой ν до 40 Гц и амплитудой z_{1a} до 4 мм. Порция отходов, зажата между валками 5 и 8, подвергалась виброударной нагрузке снизу и инерционной нагрузке сверху, что способствовало вытеснению с отходов жидкости. Последняя стекала в желоб 10, а далее по трубке 12 – в бак 15. При равномерном вращении в противоположные стороны связанных с валками рукояток, поддон 6 перемещался в горизонтальном направлении, тем самым обеспечивалось обезвоживание всей порции отходов.

В задачи экспериментов со стендом входило:

- выбор параметров нагрузки отходов в процессе их виброударного обезвоживания на стенде, от которых в наибольшей степени зависят параметры эффективности рабочего процесса – производительность $P_{жс}$ [кг/мин] по удаленной из отходов жидкости, энергоемкость \mathcal{E}_o [кВт·ч/т] обезвоживания и конечная влажность отходов U_k [%];
- определение конструктивных и рабочих параметров стенда, при изменении которых можно точно и в достаточно широких пределах регулировать параметры нагрузки;
- выбор аппаратуры для точного измерения и регистрации параметров нагрузки, рабочих параметров стенда и параметров эффективности процесса виброударного обезвоживания;
- определение оптимальных параметров нагрузки, обеспечивающих наивысшие параметры эффективности обезвоживания основных видов пищевых отходов;
- определение на оптимальных режимах нагрузки отходов эффективности предлагаемого способа, сравнение ее с эффективностью известных способов обезвоживания.

В результате проведенных ранее теоретических исследований процессов виброударного обезвоживания пищевых отходов [8], установлено, что основными параметрами нагрузки, определяющими их эффективность являются амплитуда z_{1a} и частота ν колебаний вибростола 11, максимальное давление $p_{z,max}$ в полости гидроцилиндра 12 ГИП, а также средняя скорость ν_n перемещения поддона 6 с отходами.

Эффективное (простое, точное, бесступенчатое и в достаточно широких пределах) увеличение или уменьшение z_{1a}, ν и $p_{z,max}$, можно обеспечить, изменяя такие параметры стенда (вибропресса) как [5]: площадь проходного сечения S_p регулятора расхода 9, рабочий объем W_a гидроаккумулятора 22, давление открытия p_1 виброзбудителя 23, величину предварительного сжатия z_{0y} пружин 13, массу $m_{u,n}$ пригрузов 3 и усилие P_{cm} статического прижима валка 5 к порции отходов. Скорость ν_n определяется частотой n_e вращения валков 5, 8, и их диаметром.

Значения амплитуды z_{1a} и частоты ν колебаний вибростола 11 определялись с помощью тензометрического датчика перемещений 17 (см. рис. 1) модели TURC Ni8-M18-Li. Давление $p_{z.max}$ в полости гидроцилиндра 14 ГИП регистрировалось тензометрическим датчиком давления 16 модели ADZ-SML-10.0. Кроме этого, использовались АЦП модели E14-140, персональный компьютер и стандартное программное обеспечение для АЦП – программный пакет LGraph2. Значения ν_n определялись с помощью секундомера.

На рис. 2 представлены осциллограммы изменения давления p_z в гидроцилиндре ГИП и перемещения z_I вибростола стенда в процессе обезвоживания на нем кофейного шлама.

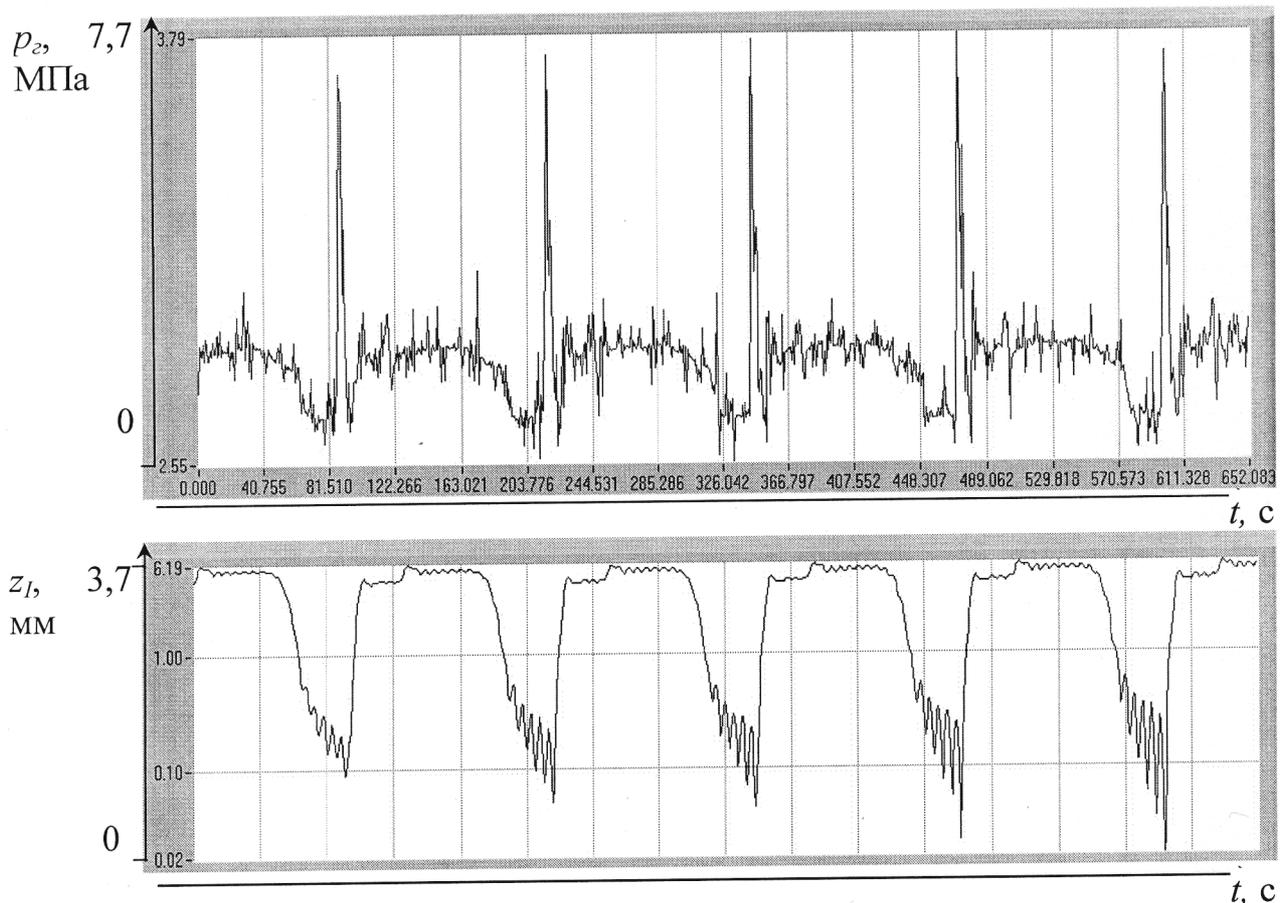


Рис. 2. Осциллограммы изменения давления p_z рабочей жидкости в гидроцилиндре ГИП и перемещения z_I вибростола экспериментального стенда при виброударном обезвоживании порции кофейного шлама

Производительность $\Pi_{ж}$ виброударного обезвоживания рассчитывалась как отношения массы жидкости $m_{ж.у}$, удаленной из порции отходов на поддоне 6 (см. рис.1) к продолжительности T_o процесса обезвоживания порции

$$\Pi_{ж} = \frac{m_{ж.у}}{T_o}. \quad (1)$$

Масса $m_{ж.у}$, в свою очередь, рассчитывалась как разность масс порции до – $m_{н.н}$ и после – $m_{н.к}$ обезвоживания ($m_{н.н}$, $m_{н.к}$ определялись с помощью электронных весов с точностью до 1 г). Время T_o контролировалось по секундомеру.

Энергоемкость \mathcal{E}_o обезвоживания может быть вычислена как отношение затрат энергии – E_o на осуществление рабочего процесса к массе $m_{ж.у}$. При этом E_o определялись как произведение суммарной установленной мощности N_{Σ} электродвигателей стенда на T_o

$$\mathcal{E}_o = \frac{E_o}{m_{ж.у}} = \frac{N_{\Sigma} T_o}{m_{ж.у}}. \quad (2)$$

Конечная влажность U_k порции отходов после их виброударного обезвоживания определялась с использованием формулы

$$U_k = \frac{m_{ж.о}}{m_{н.к}} = \frac{m_{н.к} - m_m}{m_{н.к}}, \quad (3)$$

в которой $m_{ж.о}$ – масса жидкости оставшейся в порции после ее обезвоживания; m_m – масса твердой фазы порции после ее полного высушивания.

Эксперименты по определению параметров эффективности исследуемых процессов – $\Pi_{ж}$, \mathcal{E}_o и U_k , при поочередном изменении одного из параметров нагрузки – z_{Ia} , ν , $p_{г.мах}$, ν_n , повторялись не менее 9 раз (необходимое число экспериментальных измерений-записей на каждом режиме было рассчитано по формулам теории вероятностей [9]). После этого вычислялось среднеарифметическое значение каждого параметра, используемое при построении графиков экспериментальных зависимостей, некоторые из которых приведены на рис. 3. Максимальная результирующая среднеквадратическая погрешность измерений, вычисленная по методике [9], не превышала 5,2%.

Анализ зависимостей (см. рис. 3) показал, что с увеличением амплитуды z_{Ia} и частоты ν колебаний вибростолы, а также по мере приращения давления $p_{г.мах}$ в полости гидроцилиндра ГИП производительность $\Pi_{ж}$ виброударного обезвоживания увеличивается, а с возрастанием скорости ν_n перемещения поддона – падает. При этом наращивание ν обеспечивает увеличение $\Pi_{ж}$ лишь до определенного предела ($\nu = 35$ Гц – при обезвоживании кофейного шлама). Однако при дальнейшем повышении данного параметра нагрузки в результате более интенсивного разрыхления нижних слоев порции отходов, а также того, что удаленная жидкость не успевает вытекать через отверстия поддона и отсасывается назад в среду порции, $\Pi_{ж}$ начинает падать. Наиболее заметное увеличение $\Pi_{ж}$ обеспечивается при возрастании $p_{г.мах}$.

Энергоемкость \mathcal{E}_o виброударного обезвоживания, наоборот, с увеличением z_{Ia} , ν и $p_{г.мах}$ уменьшается, что обусловлено возрастанием $m_{ж.у}$. С повышением ν_n энергоемкость \mathcal{E}_o увеличивается, что объясняется уменьшением продолжительности процесса обезвоживания единицы массы порции отходов.

Что касается конечной влажности U_k отходов, то последняя с увеличением z_{Ia} , ν и $p_{г.мах}$ уменьшается, а с увеличением ν_n – возрастает.

Наивысшая производительность $\Pi_{ж}$ рабочего процесса обеспечивается при обезвоживании кофейного шлама (см. рис. 3, а), более низкая – при обезвоживании свекловичного жома и самая низкая – при обезвоживании спиртовой барды. Соответственно энергоемкость \mathcal{E}_o будет наиболее низкой в процессе обезвоживания шлама (см. рис. 3, б), тогда как процессы обезвоживания жома и барды являются более энергоемкими. Наиболее низкая

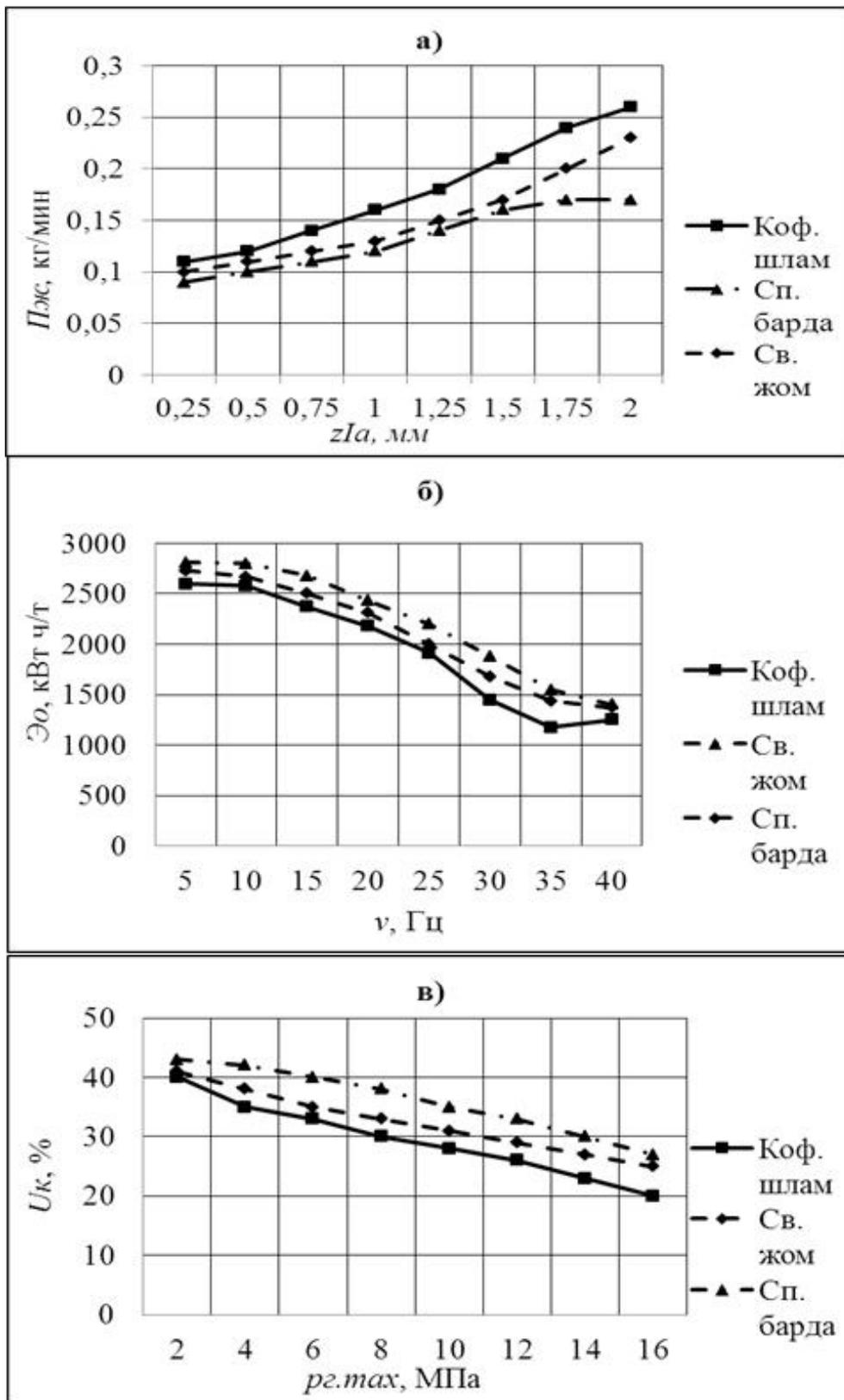


Рис. 3. Экспериментальные зависимости: а – производительности $P_{ж}$ виброударного обезвоживания от амплитуды z_{Ia} колебаний вибростола при $\nu = 30$ Гц; $p_{г.max} = 11$ МПа; $\nu_n = 300$ мм/мин; б – энергоемкости \mathcal{E}_o виброударного обезвоживания от частоты ν колебаний вибростола при $z_{Ia} = 1$ мм; $p_{г.max} = 11$ МПа; $\nu_n = 300$ мм/мин; в – конечной влажности U_k порции отходов после их обезвоживания от максимального давления $p_{г.max}$ в полости гидроцилиндра ГИП при $z_{Ia} = 1$ мм; $\nu = 30$ Гц; $\nu_n = 300$ мм/мин

конечная влажность U_k отходов (20%) достигалась при обезвоживании шлама (см. рис. 3, в), а жом и барда обезвоживались в меньшей степени (минимальная U_k соответственно 22% и 24%). Однако в целом различие в значениях параметров эффективности при реализации процессов виброударного обезвоживания основных видов влажных дисперсных отходов пищевых производств, является несущественным.

Основным преимуществом предлагаемого способа по сравнению с другими механическими способами обезвоживания следует считать обеспечение существенно более низкой конечной влажности отходов – 20 – 24% против 30 – 76% (см. выше). Правда рассматриваемый стенд (см. рис. 1) уступает известному оборудованию для механического обезвоживания по производительности $P_{жс}$ и энергоемкости \mathcal{E}_o (например, для шнекового пресса ВПД-7 при обезвоживании спиртовой барды $P_{жс} = 23,3$ кг/мин, а $\mathcal{E}_o = 5$ кВт·ч/т [4]). Однако это обусловлено тем, что стенд является опытной машиной, созданной на базе оборудования другого назначения [6]. Кроме того, после обезвоживания отходов на шнековом прессе, они обязательно подвергаются дополнительной сушке, таким образом, общая средняя производительность процесса падает, а энергоемкость существенно возрастает [2, 4]. В работе [10] приведены перспективные схемы промышленного оборудования с ГИП для виброударного обезвоживания, которое в соответствии с нашими оценками, расчетами и экспериментами, по $P_{жс}$ и \mathcal{E}_o приближается к шнековым прессам, при обеспечении существенно более низкой U_k .

Таким образом, более высокую эффективность предлагаемого способа виброударного обезвоживания отходов пищевых производств на оборудовании с ГИП по сравнению с эффективностью других известных способов, можно считать экспериментально доказанной. Последнее, в свою очередь, позволяет после создания надежного и эффективного промышленного оборудования с ГИП для виброударного обезвоживания, использовать его для рационального решения актуальной проблемы утилизации влажных дисперсных отходов пищевых производств.

Выводы

1. В результате анализа известных способов и оборудования для обезвоживания влажных дисперсных пищевых отходов установлено, что известные механические способы не обеспечивают конечной влажности отходов ниже $U_k = 30 - 76\%$, термические и электролитические способы – слишком энергоемки ($\mathcal{E}_o = 740 - 2500$ кВт·ч/т), а химические и биологические способы – малопродуктивны (продолжительность разделения порции отходов – 10 – 40 ч), кроме того, для осуществления последних необходимо громоздкое и дорогое оборудование.

2. В соответствии с результатами проведенных на стенде с ГИП экспериментов по виброударному обезвоживанию порций кофейного шлама, свекловичного жома и спиртовой барды установлено, что предлагаемый способ обеспечивает по сравнению с другими известными механическими способами существенно меньшую конечную влажность отходов: $U_k = 20 - 24\%$.

3. Более низкая по сравнению со шнековыми прессами производительность $P_{жс}$ и более высокая энергоёмкость \mathcal{E}_o стенда обусловлены тем, что он является опытной машиной, созданной на базе оборудования другого назначения. Кроме того, после обезвоживания отходов на шнековых прессах, в связи с необходимостью их дополнительной сушки, общая производительность процесса будет уменьшаться, а энергоёмкость – увеличиваться. Таким образом, по всем основным показателям эффективности предлагаемый способ виброударного обезвоживания имеет преимущества перед известными способами.

4. Полученные в результате экспериментов на стенде с ГИП зависимости параметров эффективности процесса виброударного обезвоживания кофейного шлама, свекловичного жома и спиртовой барды ($P_{жс}$, \mathcal{E}_o , U_k) от параметров их нагрузки: амплитуды z_{1a} и частоты ν колебаний вибростола стенда, максимального давления $p_{c,max}$ в полости гидроцилиндра ГИП, средней скорости v_n перемещения поддона с порцией отходов – позволяют определять оптимальный режим реализации предлагаемого способа в зависимости от вида отходов и при условии обеспечения наивысшей эффективности рабочего процесса.

Литература

1. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Аналіз способів сепарування вологих дисперсних матеріалів та обладнання для їх реалізації [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов // Вісник національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Машинобудування, 2009. – Випуск №57. – С. 50 – 55. – ISSN 0201 – 744X.

2. Казаков, К. В. Разработка энергосберегающей технологии сушки свекловичного жома с исследованием параметров шнекового пресса [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / К. В. Казаков. – Белгород, 2002. - 156 с.

3. Гончаревич, И. Ф. Вибрационная техника в пищевой промышленности [Текст]: учеб. / И. Ф. Гончаревич, И. Б. Урьев, М. А. Талейстик. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 279 с.

4. Дикис, М. Я. Технологическое оборудование консервных заводов [Текст]: учеб. / М. Я. Дикис, А. Н. Мальский. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 777 с.

5. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування [Текст]: монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 338 с. – ISBN 966-641-178-4.

6. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Вібраційні та віброударні технології в процесах сепарування вологих дисперсних матеріалів [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов // Вібрації в техніці та технологіях, 2007. – №4. – С. 18 – 21. – ISBN 5-7763-9123.

7. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Розрахунок параметрів вібропресового обладнання з гідроімпульсним приводом для зневоднення вторинних продуктів

переробних та харчових виробництв [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2007. – №3. – Ч. 1. – С. 105 – 108.

8. Севостьянов, І. В. Математичне моделювання процесів віброударного сепарування вологих дисперсних матеріалів [Текст] / І. В. Севостьянов, Р. Д. Іскович-Лотоцький // Вібрації в техніці та технологіях, 2008. - №2. - С. 39 – 45. – ISBN 5-7763-9123.

9. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов [Текст]: учеб. / Ю. П. Грачев. – М. : Пищевая промышленность, 1979. - 199 с.

10. Севостьянов, І. В. Перспективні схеми гідроімпульсних машин для потокового віброударного фазового розділення вологих дисперсних матеріалів [Текст] / І. В. Севостьянов // Промислова гідравліка і пневматика, 2012. – №3 (37). – С. 7 – 11. – ISSN 1994 – 4691.

References

1. Iskovich-Lotoc'kij, R. D., Sevost'janov, I. V. Analiz sposobiv separuvannja vologih dispersnih materialiv ta obladnannja dlja ih realizacii. Visnik nacional'nogo tehničnogo universitetu Ukraïni "Kiïvs'kij politehničnij institut". Mashinobuduvannja, 2009, No 57, pp. 50-55, ISSN 0201 – 744X.

2. Kazakov, K. V. Razrabotka jenergoberegajushhej tehnologii sushki sveklovichnogo zhoma s issledovaniem parametrov shnekovogo pressa: the dissertation of a Cand.Tech.Sci.: 05.20.01, Belgorod, 2002, 156 p.

3. Goncharevich, I. F., Ur'ev, I. B., Talejsnik, M. A. Vibracionnaja tehnika v piwevoj promyshlennosti. Moscow: Piwevaja promyshlennost', 1977, 279 p.

4. Dikis, M. Ja. Tehnologičeskoe oborudovanie konservnyh zavodov. Moskow: Pishhevaja promyshlennost', 1969, 777 p.

5. Iskovich-Lotoc'kij, R. D. Osnovi teorii rozrahunku ta rozrobka procesiv i obladnannja dlja vibroudarnogo presuvannja. Monografija. Vinnicja: UNIVERSUM, 2006, 338 p., ISBN 5-7763-9123.

6. Iskovich-Lotoc'kij, R. D. , Sevost'janov, I. V. Vibracijni ta vibroudarni tehnologii v procesah separuvannja vologih dispersnih materialiv. Vibracii v tehnicі ta tehnologijah, 2007, No 4, P. 18 – 21, ISBN 5-7763-9123.

7. Iskovich-Lotoc'kij R. D., Sevost'janov I. V. Rozrahunok parametrov vibropresovogo obladnannja z gidroimpul'snim privodom dlja znevodnennja vtorinnih produktiv pererobnih ta harchovih virobničtv. Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja, 2007, №3, Part 1, pp. 105 – 108.

8. Sevost'janov I. V., Iskovich-Lotoc'kij R. D. Matematичne modeljuvannja procesiv vibroudarnogo separuvannja vologih dispersnih materialiv. Vibracii v tehnicі ta tehnologijah, 2008, No 2, pp. 39 – 45. – ISBN 5-7763-9123.

9. Grachev, Ju. P. Matematicheskie metody planirovanija jeksperimentov [Mathematical methods of planning of experiments]. Moskow: Pishhevaja promyshlennost', 1979, 199 p.

10. Sevost'janov, I. V. Perspektivni shemi gidroimpul'snih mashin dlja potokovogo vibroudarnogo fazovogo rozdilennja vologih dispersnih materialiv. Promislova gidravlika i pnevmatika, 2012, No 3, P. 7 – 11, ISSN 1994 – 4691.

Відомості про автора

Севостьянов Іван Вячеславович кандидат технічних наук, доцент, кафедра «Металорізальних верстатів та обладнання автоматизованого виробництва», Вінницький національний технічний університет; адреса: а/с 6484, м. Вінниця, 21030; тел. (0432) 59-85-23 (роб), 0500741337 (моб); e-mail: ivansev70@mail.ru .

Data on the author

Sevostyanov Ivan Vjacheslavovich a cand. tech. sci., the senior lecturer, the chair "Metal-cutting machine tools and the equipment of the automated manufacture", Vinnitsa national technical university; the address: p.o. 6484, Vinnitsa, 21030; tel. (0432) 59-85-23 (working), 0500741337 (mob);

Сведения об авторе

Севостьянов Иван Вячеславович кандидат технических наук, доцент, кафедра "Металлорежущих станков и оборудования автоматизированного производства", Винницкий национальный технический университет; адрес: а/я 6484, г. Винница, 21030; тел. (0432) 59-85-23 (раб), 0500741337 (моб); e-mail: ivansev70@mail.ru .