

Авторефер.
Б 28

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

БАТТ Александр Владимирович

УДК 636.085.6.002.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СЕПАРИРОВАНИЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ
КОМПОНЕНТОВ КОМБИКОРМОВ

Специальность 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых
производств

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1986

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

Научный руководитель
доктор технических наук
профессор

И.Т.Мерко

Официальные оппоненты:
доктор технических наук
профессор

Н.Е.Авдеев

кандидат технических наук
доцент

Г.К.Кравченко

Ведущая организация – Украинский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности (ВНИИКП).

Защита состоится "14" ИЮНЯ 1986 г. в 10³⁰ часов на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой промышленности.

Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну

ОНАХТ

22.03.11

Совершенствование пр



v015347

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одной из важнейших народнохозяйственных задач, поставленных XXVII съездом КПСС, является обеспечение устойчивого роста производства продукции животноводства. Для успешного решения этой задачи предусмотрено всемерное развитие кормопроизводства, интенсификация которого связана с широким внедрением новой техники, технологии и применением совершенного высокопроизводительного оборудования.

При сепарировании сырья такие компоненты, как рыбная, мясокостная, травяная и хвойная мука, пшеничные отруби, шроты и другие, вызывают наибольшие затруднения. Обладая высокими питательными свойствами, эти компоненты характеризуются низкими технологическими показателями, в частности плохой сыпучестью, в результате чего их относят к категории трудносыпучих.

Большой вклад в развитие теории и практики сепарирования сыпучих продуктов внесли советские ученые /Н.Е.Авдеев, В.В.Гортинский, В.И.Дашевский, П.М.Заика, Е.А.Непомнящий, А.И.Петрусов, В.М.Цециновский и другие/, однако исследованию процесса сепарирования трудносыпучих компонентов, занимающих в общем объеме перерабатываемого на комбикормовых заводах сырья около 50%, посвящено незначительное число работ. Поэтому комбикормовая промышленность в настоящее время не располагает в достаточной степени научно обоснованными данными для создания принципиально новых рабочих органов и машин для сепарирования трудносыпучих компонентов. Применяемые для этих продуктов сепарирующие устройства не удовлетворяют требованиям технологического процесса на комбикормовых заводах как по производительности, так и по эффективности.

Одним из путей повышения производительности и эффективности процесса сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов яв-

Одесский технологический
институт пищевой промышлен-
ности им. Н. В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

с. в. 15342
✓ 015344

ляется вибрационное воздействие на продукт, которое получило распространение в зерноперерабатывающих и других отраслях.

Цель работы. Повышение эффективности и производительности процесса сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов методом вибрационного воздействия и разработка устройства для его осуществления.

Поставленная цель определила следующие задачи : разработать экспериментальный образец вибрационного сепаратора с рабочим органом, совершающим сложные пространственные колебания ; обосновать основные факторы и установить их взаимосвязь с эффективностью и производительностью процесса вибрационного сепарирования; исследовать влияние основных факторов на кинематические параметры вибрационного сепаратора и на параметры движения частицы по рабочему органу ; получить математические зависимости процесса вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов и на их основе определить области оптимальных значений факторов ; разработать исходные данные для проектирования опытно-производственного образца вибрационного сепаратора для трудносыпучих компонентов комбикормов, на основании которых спроектировать, изготовить и испытать в производственных условиях вибрационный сепаратор и оценить его технико-экономическую эффективность.

Научная новизна работы. Разработан метод комплексной оценки режима колебаний поверхности рабочего органа вибрационного сепаратора. Определены параметры колебаний в центральной, средней и периферийной зонах рабочего органа вибрационного сепаратора, в зависимости от влияющих на них факторов.

Получены математические зависимости процесса вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов и с помощью ЭВМ проведен их количественный анализ.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Ре-

зультаты исследования позволили разработать и предложить для промышленного освоения вибрационный сепаратор для трудносыпучих компонентов комбикормов с рабочим органом конусной формы, совершающим сложные пространственные колебания. Рекомендованы оптимальные режимы вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов.

Производственные испытания и внедрение вибрационного сепаратора на различных комбикормовых заводах показали высокие технико-экономические показатели. В частности, такие важные показатели как удельные энерго- и металлоемкость для вибрационного сепаратора ниже соответственно в 10-20 раз и в 1,5-2,0 раза, чем у существующих машин аналогичного назначения.

На основе применения вибрационного сепаратора предложена схема с гибкой технологией подготовки трудносыпучих компонентов комбикормов.

Апробация работы. Результаты работы были доложены на Всесоюзной научно-технической конференции "Производство, хранение и использование комбикормов" (Воронеж, 1979 г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики, с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств (Москва, 1982 г.), на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М.В. Ломоносова в 1978-1986 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 статей.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 319 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех разделов, выводов и предложений, библиографии, приложений.

Диссертация содержит 40 рисунков и 20 таблиц. Библиография включает 187 наименований отечественных и зарубежных авторов.

В приложениях приведены таблицы, программа и результаты оптимизации процесса вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов и документы, свидетельствующие о практическом использовании результатов исследования.

На защиту выносятся :

результаты исследования физико-механических свойств трудносыпучих компонентов комбикормов ;

обоснование взаимосвязи основных факторов с технологической эффективностью и производительностью процесса вибрационного сепарирования ;

результаты исследования влияния основных факторов на кинематические параметры вибрационного сепаратора и на параметры движения частицы по рабочему органу ;

результаты исследования технологической эффективности и производительности процесса вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов ;

технико-экономическая эффективность применения вибрационного сепарирования на предприятиях комбикормовой промышленности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования процесса вибрационного сепарирования были выбраны наиболее характерные и широко применяемые в комбикормовой промышленности трудносыпучие компоненты : пшеничные отруби, мясокостная, рыбная и хвойная мука, хлопковый и подсолнечный шроты.

Физико-механические свойства указанных компонентов определяли по существующим ГОСТам и общепринятым методикам. Приведенные в работе данные характеризуют эти компоненты, как пассивно сыпучие, т.е. связанные продукты.

Основным фактором, определяющим поведение сыпучих продуктов в условиях воздействия на них внешних сил, является соотношение

между силами сцепления частиц и интенсивностью внешних механических воздействий. В условиях вибрационных воздействий реологические характеристики сыпучих продуктов значительно изменяются, в частности, уменьшаются значения коэффициентов внутреннего и внешнего трения. В результате этого резко уменьшается сопротивление частиц относительному смещению, благодаря чему более интенсивно протекают подготовительные процессы сепарирования — сегрегация и стратификация.

О значительных возможностях интенсификации различных процессов с помощью вибрационного воздействия указывается в работах И.И.Блехмана, И.Ф.Гончаревича, П.М.Заики, А.Я.Каминского, И.Т.Мерко, А.И.Петрусова и других авторов. Положительные эффекты вибрационного воздействия предопределили выбор этого метода для сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов.

Обобщая опыт применения вибрационного сепарирования различных продуктов, с учетом особенностей физико-механических свойств трудносыпучих компонентов комбикормов, разработан вибрационный сепаратор с рабочим органом конусной формы, установленным на упругих элементах и совершающим сложные пространственные колебания. Конструктивная схема вибрационного сепаратора представлена на рис. I.

В ходе предварительного исследования кинематических параметров вибрационного сепаратора было установлено, что составляющие амплитуды колебаний принимают различные значения по длине образующей рабочего органа от центра к периферии как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. При определенных сочетаниях значений факторов, влияющих на амплитуду колебаний, зафиксировано наличие "мертвых зон" (под "мертвой" зоной понимается почти полное отсутствие колебаний), наблюдаемых на участках рабочего органа, близко расположенных к центру колебаний.

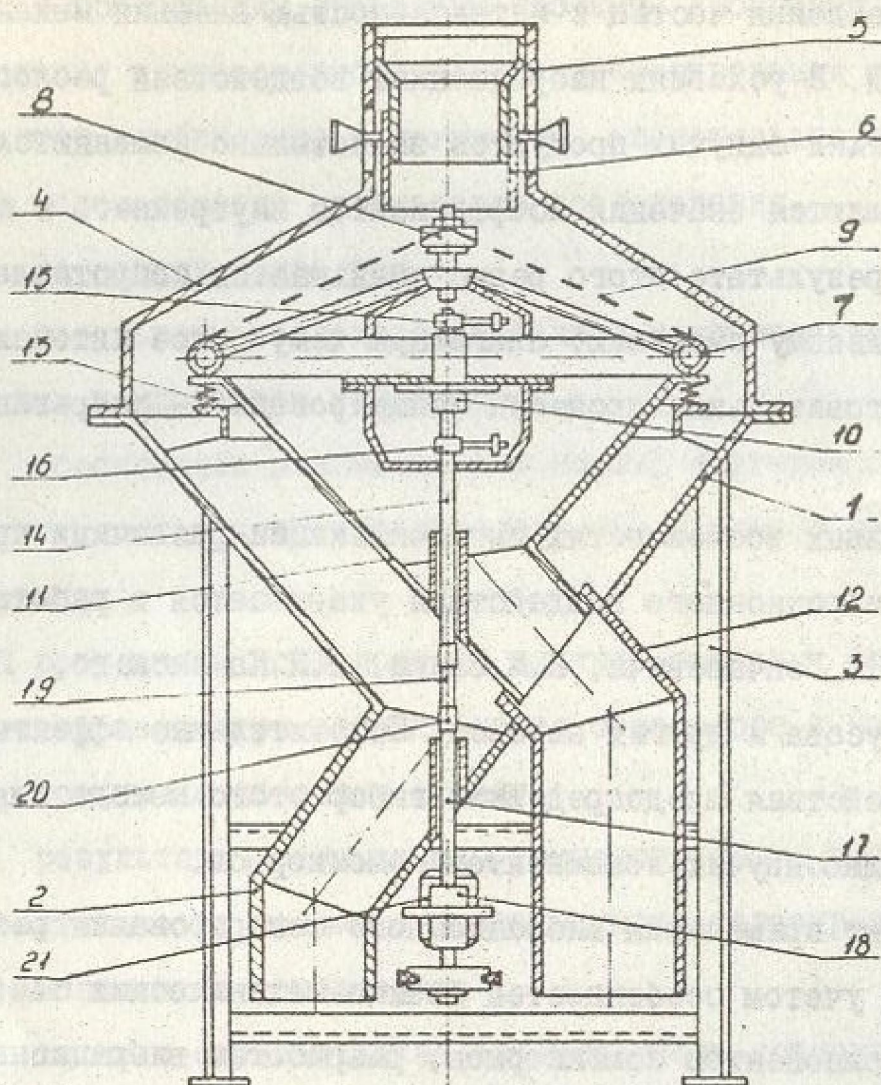


Рис. I. Конструктивная схема вибрационного сепаратора:

I, II - конусные сборники соответственно для сходовой и проходной фракций ; 2, 12 - выпускные патрубки ; 3 - станина ; 4 - крышка ; 5 - загрузочный патрубок ; 6 - патрубок для регулировки нагрузки ; 7 - ситовая рама ; 8 - узел натяжки сита ; 9 - сито ; 10 - вибратор ; 13 - пружина ; 14 - вал вибратора ; 15, 16 - соответственно верхний и нижний дебалансы ; 17 - вал ; 18 - подшипниковый узел ; 19 - гибкий вал ; 20 - муфта ; 21 - электродвигатель.

Анализ основных факторов позволил определить функциональную зависимость составляющих амплитуд колебаний в любой точке рабочего органа, которую можно представить в виде

$$A_{ij} = f(\beta, \omega, m_b, m_n),$$

где A_{ij} - составляющая амплитуды колебаний в i -ой точке рабочего органа в j -ом направлении ; β - угол взаимного расположения дебалансов ; ω - частота колебаний ; m_b, m_n -

массы соответственно верхнего и нижнего дебалансов.

Различие кинематических режимов на участках рабочего органа от центра к периферии вызывает изменение технологической эффективности и производительности процесса вибрационного сепарирования. Это обстоятельство обуславливает необходимость измерения составляющих амплитуд колебаний в различных зонах рабочего органа.

Для комплексной оценки режима колебаний рабочего органа вибрационного сепаратора, совершающего сложное пространственное движение, разработан метод измерения параметров колебаний в трех характерных точках, равномерно расположенных по образующей рабочего органа вибрационного сепаратора: в центральной, средней и периферийной его зонах. В указанных точках по двум основным направлениям — горизонтальном и вертикальном были установлены виброизмерительные преобразователи, выходной сигнал которых направляли на регистрирующий прибор (осциллограф Н-700). Виброизмерительную аппаратуру градуировали оптическим методом с использованием стробоскопического прибора, синхронизацию которого осуществляли относительно исследуемых колебаний. Для реализации оптического метода измерения составляющих амплитуд колебаний в сочетании со стробоскопическим эффектом использовали микроскоп МБС-2 и стробоскоп СТ-5.

Исследовано влияние угла взаимного расположения дебалансов, их масс и частоты вращения дебалансов на кинематические параметры рабочего органа вибрационного сепаратора. Изучение влияния угла взаимного расположения дебалансов проводили через каждые 45° на всем диапазоне его изменения от 0° до 360° . Изменение масс дебалансов производили в пределах от 0,1 кг до 0,2 кг. Частоту вращения вала механизма вибратора изменяли в пределах от 15 с^{-1} до 35 с^{-1} .

По результатам опытов получали одновременную запись шести кривых, характеризующих параметры колебаний в трех точках рабочего органа по двум взаимно перпендикулярным направлениям: вертикальном и горизонтальном. Анализ и обработку записанных колебаний проводили по общепринятым методикам. Для определения частот колебаний использовали отметчик времени осциллографа.

Одним из основных параметров, определяющих технологическую эффективность и производительность процесса сепарирования, является скорость движения частиц по ситам (V_c), которая функционально зависит от следующих факторов

$$V_c = f(\alpha, \beta, \omega, m_b, m_n),$$

где α — угол наклона сита.

Исследование влияния угла взаимного расположения дебалансов, их масс и частоты колебаний на скорость движения продукта по рабочему органу проводили на основе изучения движения изолированной частицы при постоянном угле наклона сита, равном 14° . По мере перемещения частицы фиксировали точки пройденного пути и время пребывания частицы на рабочем органе, что позволило определить траекторию и среднюю скорость движения частицы в зависимости от влияющих факторов.

В работе показано, что максимальная эффективность вибрационного сепаратора достигается путем подачи продукта на рабочий орган с подпором. В этом случае нагрузка на рабочий орган вибрационного сепаратора зависит от тех же факторов, которые влияют на технологическую эффективность и производительность процесса вибрационного сепарирования. Благодаря этому реализуется возможность оценить совместно количественную и качественную стороны процесса вибрационного сепарирования.

На основании предварительных исследований и установления взаимосвязи факторов, влияющих на процесс вибрационного сепарирования, получена функциональная зависимость, отражающая влияние управляемых независимых переменных на технологическую эффективность и производительность вибрационного сепаратора. С учетом фиксированного значения размера отверстий сита для соответствующего продукта и того, что физико-механические свойства компонентов остаются неизменными в течение эксперимента, эту зависимость можно представить в виде

$$E, Q = f(\alpha, \beta, \omega, m_b, m_n).$$

Для исследования технологических режимов вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов применили метод математического планирования и анализа эксперимента. На основании функционального анализа процесса вибрационного сепарирования установлено, что составляющие амплитуды колебаний зависят от частоты вращения вала вибратора, угла взаимного расположения дебалансов и их масс. Указанные факторы также существенно влияют на эффективность процесса вибрационного сепарирования и требуют включения каждого из них в эксперимент.

Показано, что при использовании математических методов планирования эксперимента в исследованиях процессов разделения на сепараторах, рабочие органы которых совершают сложные пространственные колебания, с учетом требований управляемости и однозначности, предъявляемых к факторам, целесообразнее применять в качестве управляющего фактора не амплитуду колебаний, а факторы, функцией которых является амплитуда. Это позволяет оценить влияние совокупности кинематических параметров, характеризующих режимы колебаний в различных зонах рабочего органа, на технологическую эффективность и производительность вибрационного се-

парирования.

В качестве критериев, отражающих количественную и качественную стороны процесса, приняли показатель степени извлечения проходовой фракции и часовую производительность. С учетом количества основных факторов, влияющих на процесс, использовали близкий по свойствам к Д-оптимальному план Хартли второго порядка для пяти факторов (Na_5).

Исследование технологических режимов вибрационного сепарирования проводили на стенде, включающем вибрационный сепаратор, норию и подсепараторный бункер. При сепарировании шротов, мясокостной и рыбной муки применяли штампованные сита с диаметром отверстий 4 мм. Мясокостную и рыбную муку предварительно подготавливали многократным просеиванием через это же сито. Проходовая фракция являлась исходным продуктом. При сепарировании пшеничных отрубей и хвойной муки устанавливали штампованные сита с диаметром отверстий 8 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис.2 представлены зависимости горизонтальных и вертикальных составляющих амплитуды (A) колебаний от угла (β) взаимного расположения дебалансов при их соотношении масс $m_b / m_n = 0,10 \text{ кг} / 0,20 \text{ кг}$ и частоте вращения 25 с^{-1} . Указанные зависимости имеют параболический характер. С увеличением угла β кривые выполаживаются и при $\beta = 180^\circ$ проходят через экстремум. Из графиков также видно существенное различие значений составляющих амплитуд колебаний в различных зонах рабочего органа. В области изменения угла β от 0° до 180° вращение осуществляется с опережением верхнего дебаланса нижним, в области от 180° до 360° - нижнего дебаланса верхним. В работе показано, что при различных соотношениях дебалансов значения вертикальных составляющих на

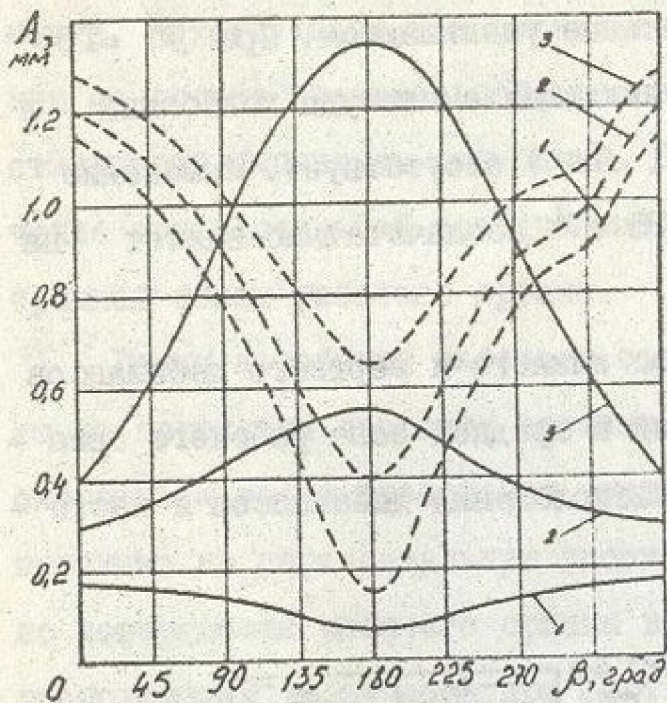


Рис.2. Зависимость составляющих амплитуды колебаний от угла взаимного расположения дебалансов :
1,2,3 — соответственно центральная, средняя и периферийная зоны рабочего органа.

периферии рабочего органа всегда больше, чем в центре, так как центральная зона рабочего органа расположена ближе к центру колебаний. При этом горизонтальные составляющие в некоторых случаях в центральной зоне рабочего органа больше, чем на его периферии.

На рис.3 представлены зависимости составляющих амплитуды колебаний от частоты вращения дебалансов при $m_8/m_H = 0,10$ кг/0,20 кг.

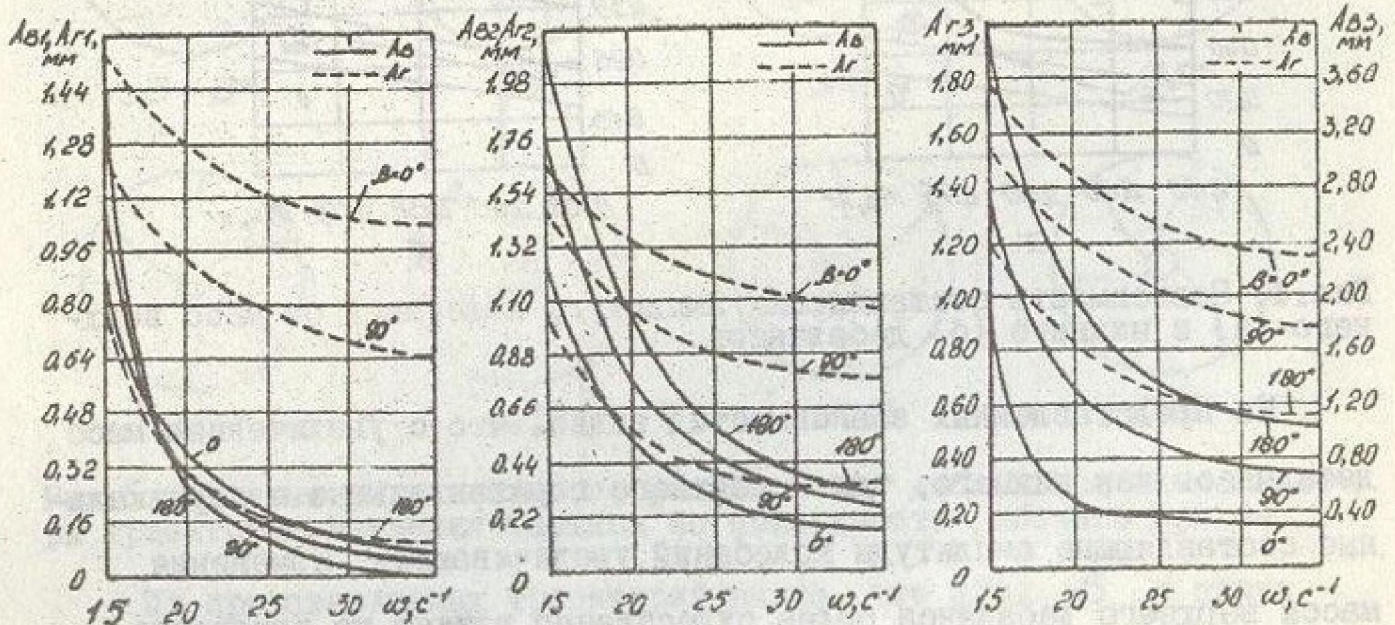


Рис.3. Зависимость составляющих амплитуды колебаний от частоты вращения дебалансов :

$A_{z1}, A_{z2}, A_{z3}, A_{r1}, A_{r2}, A_{r3}$ — вертикальные и горизонтальные составляющие соответственно в центральной, средней и периферийной зонах рабочего органа.

Так как вибрационный сепаратор работает в резонансном ре-

жине, то с повышением частоты колебаний составляющие амплитуды как горизонтальные, так и вертикальные уменьшаются. При $\beta = 180^\circ$ и $\omega = 35 \text{ с}^{-1}$ вертикальная составляющая амплитуды колебаний в центральной зоне рабочего органа ($A_{вг}$) отсутствует. Изменение частоты колебаний в диапазоне $25\text{--}35 \text{ с}^{-1}$ незначительно влияет на величину составляющих амплитуды.

На рис. 4 показано влияние масс нижнего и верхнего дебалансов на составляющие амплитуды колебаний в средней зоне рабочего органа — на при различных углах взаимного расположения дебалансов и частоте их вращения 25 с^{-1} .

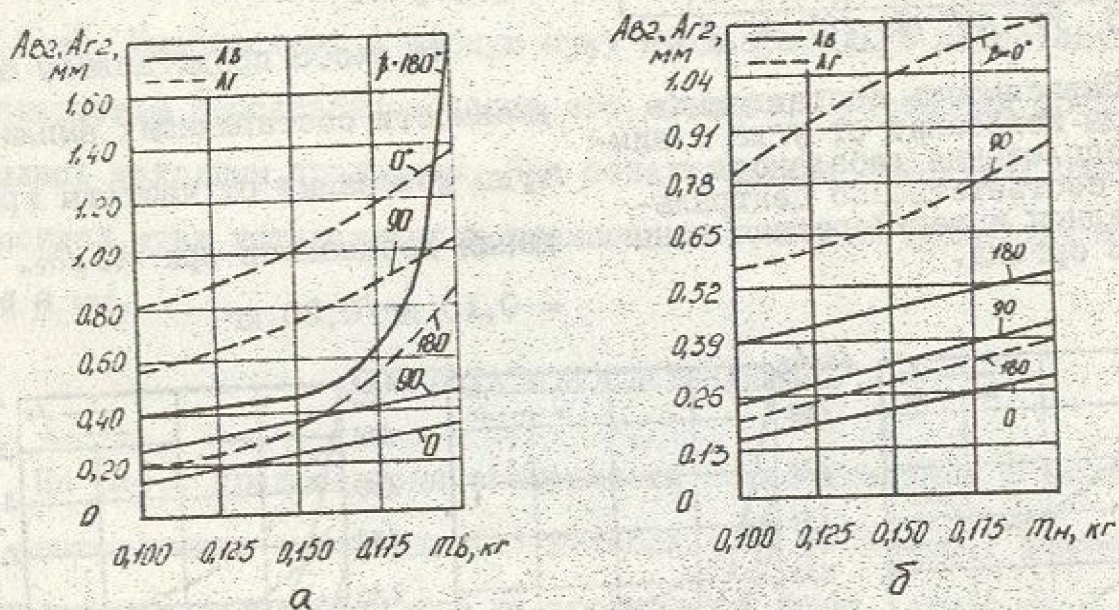


Рис. 4. Зависимость составляющих амплитуды колебаний от масс верхнего (а) и нижнего (б) дебалансов.

Из представленных зависимостей видно, что с увеличением масс дебалансов как нижнего, так и верхнего горизонтальные и вертикальные составляющие амплитуды колебаний увеличиваются. Изменение массы верхнего дебаланса более существенно влияет на изменение вертикальной составляющей, чем изменение массы нижнего дебаланса. При $\beta = 180^\circ$ горизонтальная составляющая амплитуды колебаний значительно возрастает при увеличении массы верхнего дебаланса. Это свидетельствует о том, что значительные угловые перемещения

рабочего органа под воздействием результирующего возмущающего момента, действующего в вертикальной плоскости, приводят к увеличению не только вертикальной составляющей, но и горизонтальной составляющей амплитуды колебаний. Причем более существенное увеличение горизонтальной составляющей происходит в центральной и средней зонах рабочего органа.

Режим колебаний рабочего органа в значительной степени влияет на параметры движения частицы (траекторию, пройденный путь, скорость и время пребывания частицы на сите). На рис.5 показаны проекции на горизонтальную плоскость траекторий движения частицы по поверхности рабочего органа в зависимости от угла взаимного расположения дебалансов при соотношении их масс $m_B / m_H = 0,10 \text{ кг} / 0,15 \text{ кг}$ и частоте вращения дебалансов 25 с^{-1} .

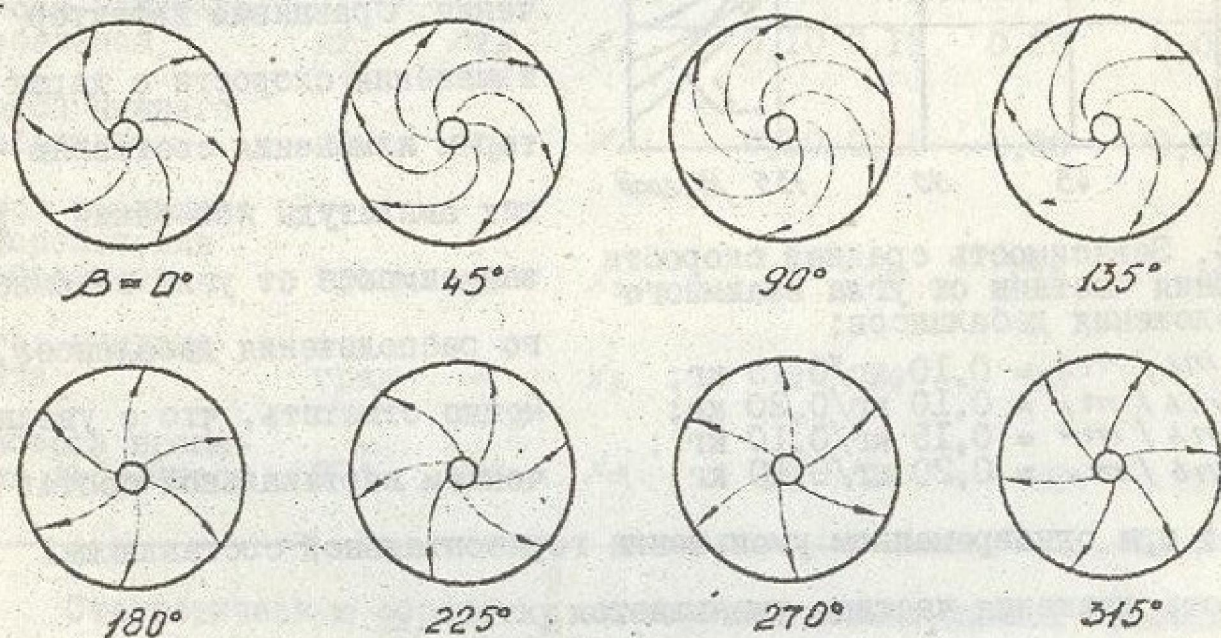


Рис.5. Влияние угла взаимного расположения дебалансов на параметры траектории движения частицы по поверхности рабочего органа.

Из представленных траекторий видно, что угол β в значительной степени влияет на параметры движения частицы по поверхности рабочего органа. При опережении верхнего дебаланса нижним, т.е. при углах β от 0° до 180° , частица перемещается по более крутой спирали. При $\beta = 90^\circ$ достигается наибольшая кривизна

траектории движения. В этом случае частица проходит наибольший путь. При дальнейшем увеличении угла β траектории спрямляются и при $\beta = 180, 270$ и 315° мало отличаются от прямых линий.

На рис. 6 представлены зависимости средней скорости движения частицы от угла взаимного расположения дебалансов при различных соотношениях их масс и частоте вращения дебалансов 25 с^{-1} .

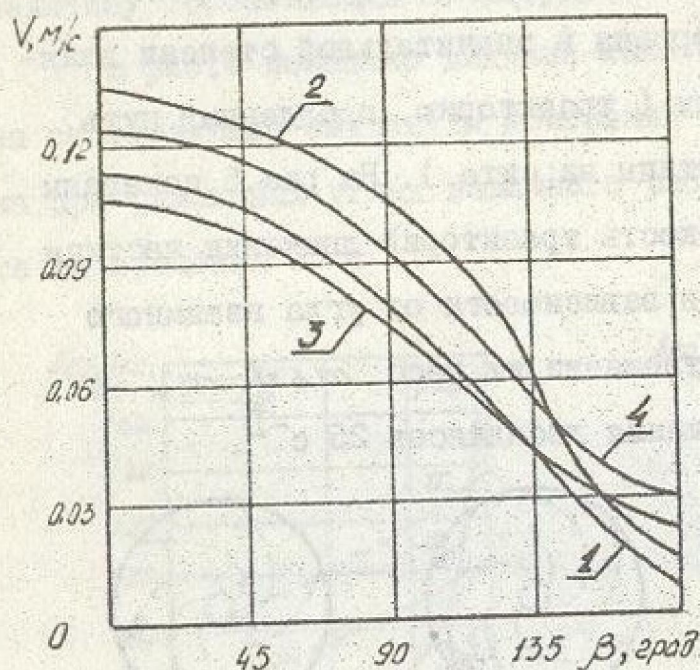


Рис. 6. Зависимость средней скорости движения частицы от угла взаимного расположения дебалансов:

- 1 - $m_b / m_n = 0,10 \text{ кг} / 0,15 \text{ кг}$;
- 2 - $m_b / m_n = 0,10 \text{ кг} / 0,20 \text{ кг}$;
- 3 - $m_b / m_n = 0,15 \text{ кг} / 0,10 \text{ кг}$;
- 4 - $m_b / m_n = 0,20 \text{ кг} / 0,10 \text{ кг}$.

ляющей при одновременном уменьшении горизонтальной составляющей скорость движения частицы уменьшается.

В работе показано, что с увеличением массы как верхнего, так и нижнего дебалансов средняя скорость движения частицы увеличивается. Причем зависимости скорости движения частицы от изменения обоих дебалансов несущественно отличаются друг от друга. С увеличением частоты колебаний средняя скорость движения частицы увеличивается. Причем более интенсивное возрастание скорости происходит при меньших углах взаимного расположения дебалансов.

Из представленных зависимостей видно, что с увеличением угла β скорость движения частицы уменьшается. На границах области изменения угла β скорость принимает экстремальные значения. Сравнивая характер изменения скорости с характером изменения составляющих амплитуды колебаний в зависимости от угла взаимного расположения дебалансов, можно отметить, что с увеличением вертикальной состав-

Для получения математических зависимостей процесса вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов использовали план H_{a5} , который обуславливает варьирование каждого фактора на трех уровнях. Уровни и интервалы варьирования факторов представлены в табл. I.

Таблица I

Уровни и интервалы варьирования факторов

ФАКТОРЫ				Уровни			Интервалы
Наименование	Ед. изм.	Обозначения		варьирования			варьирования
		имено- ванные	кодиро- ванные	ниж- ний	нуле- вой	верх- ний	
Масса верхнего дебаланса	кг	m_b	x_1	0,10	0,15	0,20	0,05
Масса нижнего дебаланса	кг	m_n	x_2	0,10	0,15	0,20	0,05
Угол взаимного расположения дебалансов	град	β	x_3	45	90	135	45
Угол наклона сита	град	α	x_4	8	14	20	6
Частота вращения дебалансов	c-1	ω	x_5	15	25	35	10

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по общепринятой методике. Полученные математические зависимости имеют вид

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2$$

По результатам регрессионного анализа математические зависимости адекватно описывают процесс вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов.

Наибольшее влияние на критерий технологической эффективности процесса вибрационного сепарирования оказывают угол взаимного расположения дебалансов и угол наклона сита. Увеличение угла взаимного расположения дебалансов приводит к повышению технологической эффективности, в то время как увеличение угла наклона сита уменьшает её.

Наибольшее влияние на критерий производительности оказывают частота колебаний, угол взаимного расположения дебалансов и масса верхнего дебаланса. Увеличение частоты колебаний и массы верхнего дебаланса приводит к увеличению производительности, а увеличение угла взаимного расположения дебалансов — к ее уменьшению.

Полученные математические зависимости, представленные в виде уравнений регрессии второго порядка, позволили определить оптимальные режимы вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов. Оптимизацию процесса вибрационного сепарирования проводили на ЭВМ-1022 с использованием программы *MINLEO*. Показатель технологической эффективности был выбран в качестве наиболее важного ("лидирующего") критерия. В результате проведенных расчетов на ЭВМ были определены оптимальные значения факторов, определяющих максимальное значение показателя технологической эффективности и соответствующее ему значение производительности вибрационного сепарирования для каждого из компонентов. Оптимальные значения критериев процесса вибрационного сепарирования и соответствующие им значения факторов приведены в табл.2. На основании анализа результатов эксперимента трудносыпучие компоненты комбикормов разделены на три группы, в зависимости от значений оптимальных параметров вибрационного сепарирования.

Каждая из групп включает компоненты, для которых эти параметры являются близкими по своим значениям. Предложенное дает возможность в производственных условиях более опера-

Таблица 2

Оптимальные значения факторов и критериев оптимизации

Компоненты	Критерии оптимизации	Ф а к т о р ы				
		x_1 (m_b)	x_2 (m_n)	x_3 (β)	x_4 (α)	x_5 (ω)
		код : кг	код : кг	код : град	код : град	код : C-I
Мясокостная мука	$E, 10,60$	-I 0,10	+I 0,20	+I 135	-I 8,0	-I 15,0
Рыбная мука	$7,78$	-I 0,10	+I 0,20	+I 135	-I 8,0	-I 15,0
Отруби пшеничные	$11,83$	-I 0,10	-I 0,10	+I 135	-I 8,0	+I 35,0
Хвойная мука	$6,95$	-I 0,10	-I 0,10	+I 135	-I 8,0	+0,62 31,2
Хлопковый шрот	$10,40$	-I 0,10	+0,84 0,19	+I 135	-I 8,0	-I 15,0
Подсолнечный шрот	$11,78$	-I 0,10	-I 0,10	+I 135	-0,88 8,7	-0,63 18,7

тивно производить выбор режимов вибрационного сепарирования для соответствующих продуктов. При этом достигается определенная универсальность машины и повышается эффективность сепарирования. По указанным признакам из исследованных трудносыпучих компонентов составлены следующие группы:

- I. мясокостная мука, рыбная мука, хлопковый шрот,
- II. пшеничные отруби, хвойная мука,
- III. подсолнечный шрот.

Полученные результаты исследований подтверждены производственной проверкой и внедрением вибрационного сепаратора на четырех комбикормовых заводах.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Сравнительными исследованиями установлено, что применение вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов позволяет уменьшить удельные энерго- и металлоемкость соответственно в 10-20 раз и в 1,5-2,0 раза по сравнению с существующими методами.

2. Для осуществления вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов разработана конструкция вибрационного сепаратора с рабочим органом конусной формы, установленным на упругих элементах и совершающим сложное пространственное движение.

3. Разработан метод комплексной оценки режима колебаний поверхности рабочего органа вибрационного сепаратора, определены параметры колебаний в центральной, средней и периферийной зонах рабочего органа вибрационного сепаратора, в зависимости от влияющих на них факторов.

4. Установлено, что эффективность и производительность вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов в наибольшей степени зависят от угла наклона сита, частоты колебаний, угла взаимного расположения дебалансов и их масс.

5. Определены физико-механические свойства трудносыпучих компонентов комбикормов, из которых хвойная мука, хлопковый шрот и рыбная мука обладают наиболее низкими показателями сыпучести, наибольшими углами естественного откоса и коэффициентами внутреннего и внешнего трения.

6. На основе многофакторного планирования эксперимента получены математические зависимости, адекватно описывающие процесс вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов, что позволило определить с использованием ЭВМ оптимальные рабочие характеристики вибрационного сепаратора.

7. При оптимальных параметрах производительность и технологическая эффективность вибрационного сепарирования пшеничных отрубей составили соответственно 16 т/ч и 99,6%, хвойной муки - 8 т/ч и 99,7%, мясокостной муки - 17 т/ч и 98,2%, рыбной муки - 18 т/ч и 98,2%, хлопкового шрота - 10,4 т/ч и 87,9% и подсолнечного шрота - 17 т/ч и 92,7%.

8. Результаты проведенных исследований использованы при разработке опытно-производственного образца вибрационного сепаратора, в котором решены следующие задачи :

- достигнуты высокие технико-экономические показатели вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов, подтвержденные производственными испытаниями и внедрением вибрационного сепаратора на четырех комбикормовых заводах ;

- достигнута универсальность сепаратора, позволяющая использовать его при минимальном объеме технологической настройки для

любых трудносыпучих компонентов комбикормов ;

– достигнута самоочистка сита, в результате чего не требуется установки очистительных устройств, что упрощает конструкцию сепаратора и уменьшает его массу.

Благодаря указанным особенностям, вибрационный сепаратор может служить основой для внедрения элементов гибкой технологии (на примере Валмиерского комбикормового завода) в технологические процессы производства комбикормов.

9. Экономический эффект от внедрения вибрационного сепаратора на различных комбикормовых заводах составил в среднем 5 – 7 тыс. рублей в год на одну машину. На Валмиерском комбикормовом заводе в результате значительного увеличения производительности линии подготовки мучнистого сырья и параллельного использования вибрационного сепаратора на линии подготовки шротов получен годовой экономический эффект в сумме 43,5 тыс. рублей.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Батт А.В. Интенсификация процесса сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов // Тр./ВНИИ комбикорм.пром-сти.1979.– Вып. 15.– С.66-67.
2. Батт А.В. Комплексное исследование физико-механических свойств трудносыпучих компонентов комбикормов //Тез.докл.Всесоюз.науч.-техн.конф."Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств", 28 – 30 сент. 1982.– М., 1982.– С.68.
3. Мерко И.Т., Батт А.В. Интенсификация вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов на основе математического моделирования процесса // Тез.докл.Всесоюз. науч.–

- технич. конф. "Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств", 28-30 сент.1982 г.- М., 1982.- С.162.
4. Батт А.В. Основные функциональные зависимости процесса вибрационного сепарирования / ОТИШ им.М.В.Ломоносова.- Одесса, 1983.- 10 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минзага СССР 21.02.83, № 319зг-Д83.
 5. Батт А.В. Исследование кинематических параметров вибрационного сепаратора /ОТИШ им.М.В.Ломоносова.- Одесса, 1983.- 12 с.- Деп. в ЦНИИТЭИ Минзага СССР 21.02.83, № 311зг - Д83.
 6. Батт А.В. Основные факторы, определяющие движение частиц по сити вибрационного сепаратора /ОТИШ им.М.В.Ломоносова.-Одесса, 1983.- 10 с.- Деп. в ЦНИИТЭИ Минзага СССР 21.02.83, № 318зг - Д83.
 7. Мерко И.Т., Батт А.В. Оптимизация процесса вибрационного сепарирования трудносыпучих компонентов комбикормов /ОТИШ им. М.В.Ломоносова.- Одесса, 1983.- 11 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минзага СССР 21.02.83, № 317зг - Д 83.
 8. Вибрационный сепаратор для трудносыпучего сырья /Мерко И.Т., Батт А.В., Павленков А.А., Мухин А.А. // Муком.-элеваторн. и комбикорм.пром-сть.- 1984. - № 1.- С.25-26.

