

**Секция «Системное развитие техники и технологии пищевых производств»,  
научный руководитель – Шахов С.В., докт. техн. наук**

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ЖИДКИХ СРЕД  
ВЫМОРАЖИВАНИЕМ**

Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Кондратьева Я.И.,  
Бостынец Н.И.

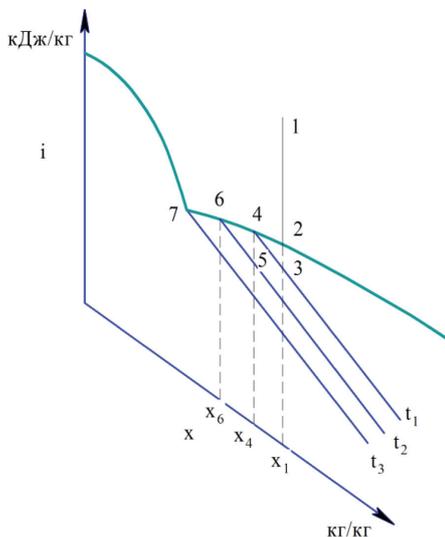
*Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего профессионального  
образования "Воронежский государственный университет  
инженерных технологий", Воронеж, Россия*

В настоящее время концентрирование жидких сред методом вымораживания влаги развивается по трем основным направлениям и основан на отводе теплоты, выделяемой при кипении воды в среде вакуума ниже точки ее замерзания; впрыскивании легкокипящего хладагента или жидкости с низкой температурой замораживания в продукт и на на передаче теплоты от жидкой среды к хладагенту через твердую стенку.

Эффективность процесса вымораживания зависит от правильного проведения процесса кристаллизации влаги. Кристаллизация зависит главным образом от температуры замерзания, степени переохлаждения и физико – химических свойств продукта.

Для более эффективного обезвоживания процесс вымораживания и последующее удаление льда могут повторяться несколько раз.

Процесс многоступенчатого вымораживания можно проследить на диаграмме  $i-x$  (рисунок). На оси абсцисс откладывается количество вещества  $x$ , приходящего на 1 кг растворенного вещества, а по оси ординат – энтальпия раствора  $y$ .



*Процесс концентрирования вымораживанием в  $i-x$  диаграмме*

Исходное состояние раствора характеризуется точкой 1. Начальное охлаждение раствора происходит при постоянном объеме, т.е. по вертикали ( $x=const$ ). Точка 2 характеризует насыщенное состояние. При небольшом переохлаждении процесс дойдет до точки 3, где начинается образование кристаллов льда. Замораживание происходит при постоянной температуре по изотерме  $t_1=const$ .

Образование кристаллов льда продолжается до точки 4, которая характеризует состояние смеси, состоящей из  $(1+x_4)$  кг раствора и  $(x_1-x_4)$  кг кристаллов льда. Если лед удаляется из смеси, то остается рас-

твор более концентрированный, чем исходный и характеризуется точкой 4.

Повторным охлаждением в точке 5 снова начинается образование кристаллов, и замораживание происходит изотермически по линии  $t_2$  аналогичным образом, как и в первом случае образование кристаллов происходит до точки 6. Вымораживание таким образом может продолжаться до концентрации, соответствующей эвтектической точке 7, для чего необходимо охладить раствор до температуры  $t_3$ .

Дальнейшее охлаждение нецелесообразно, так как помимо образования кристаллов льда, начинается образование кристаллов растворенного вещества.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ  
ТРУДНООТДЕЛИМЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ОЧИСТКЕ  
САФЛОРА НА УСТАНОВКЕ ВИБРОУДАРНОГО  
СЕПАРИРОВАНИЯ**

Бондаренко А.В., Шахов С. В., Матеев Е. З., Ветров А. В.

*Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего профессионального  
образования «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», Россия*

Зерновой материал, поступающий на переработку, как правило, представляет собой смесь семян основной и других вторичных культур, а так же примесей.

Большинство методов основано на разделении семян за счет разницы их масс или геометрических параметров зерна. Это не всегда эффективно. Предлагается использовать метод разделения, основанный на разности плотностей зерновых культур.

В качестве экспериментальной используем установку виброударного сепарирования. Упрощенно установка (рис. 1) представляет собой подвижный сортировальный стол, состоящий из 3-х участков, получающий возвратно-поступательные движения от привода. На столе закреплены зигзагообразные отражатели. На участках I и II отражатели имеют угол наклона, а на участке III они перпендикулярны столу. Из бункера, попадая в зону II, под действием колебаний стола и зигзагообразных отражателей смесь сортируется: частицы с меньшей плотностью всплывают в верхние слои, а с большей плотностью погружаются в нижние слои. Зерновки прицепника широколиственного, располагаясь в верхнем слое, свободно перемещаются, а движение семян сафлора затруднено. Так как ширина канала по высоте в верхних слоях меньше, чем в нижних, то при колебаниях сортировального стола, менее плотные частицы чаще контактируют со стенками отражателей, подвергаются направленному удару и направляются в верх сортировочного стола. Более плотные частицы практически не подвержены воздействию стенок отражателей и оседают, двигаясь в нижнюю часть стола.

Этот способ позволяет разделять частицы, имеющие подобные геометрические параметры при разных плотностях, повышает эффективность и четкость разделения.

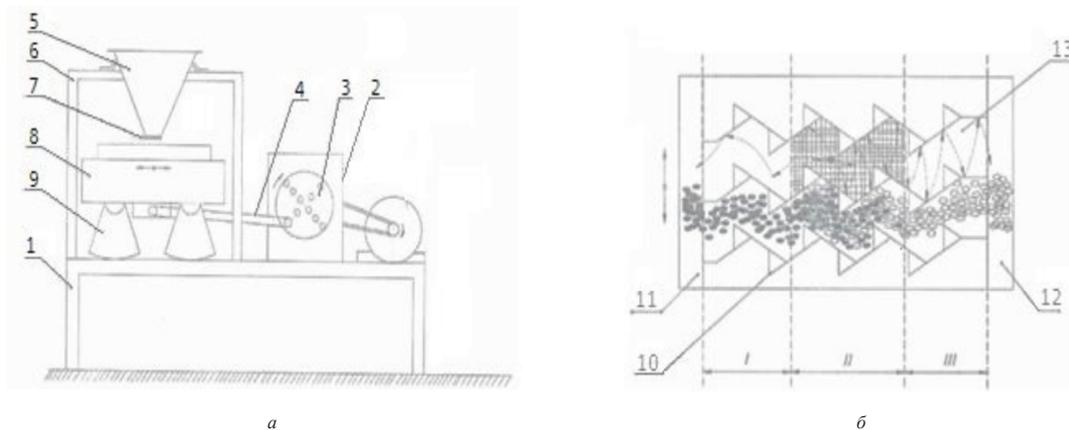


Рис. 1. Экспериментальная установка виброударного сепарирования:  
а-общий вид установки; б-схема движения частиц; 1- станина, 2- привод, 3-кривошип, 4-тяга, 5-бункер, 6-платформа, 7-регулирующая заслонка, 8-сортировочный стол, 9-подвижные ножи, 10-отражатели, 11, 12-выпускные патрубки, 13-канал сепарирования.

### ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В КРИВОЛИНЕЙНОМ КАНАЛЕ СУШИЛКИ

Васильев Д.В., Юрова И. С., Жучков А.В.,  
Шахов С. В., Матеев Е. З.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего профессионального  
образования «Воронежский государственный университет  
инженерных технологий», Россия

С целью математического описания процесса движения дисперсных частиц в кольцевом канале сушильной камеры было изучено движение твердой дисперсной частицы в криволинейном канале, в результате которого было установлено, что вращение частиц влажного материала в течение основного времени сушки происходит в пристенной зоне сушильной камеры, ограниченной направляющими вставками, позволяющими обеспечить локальное увеличение скорости потока в начале процесса, застойных зон в камере и увеличить ее удерживающую способность. А затем более легкие подсушенные частицы смещаются к внутренней поверхности кольцевого канала, через окна между направляющими вставками выходят в центральную зону вихревой сушильной камеры, где продолжают вращение до полного высушивания и уноса через отводной патрубков.

Существует оптимальное значение величины  $\delta_1$ , обеспечивающее устойчивое движение потока частиц при минимальном общем расходе теплоносителя  $V$ , для нахождения которого определяется критическая скорость газа, обеспечивающая движение дисперсного потока в канале, затем с использованием критерияльных уравнений определяются расходы воздуха в криволинейном канале и окне. Математическое описание, обеспечивающее оптимизацию процесса движения частиц по каналу по ширине канала, реализовано в среде Mathcad-15 и получена зависимость общего расхода воздуха  $V$  от ширины канала  $\delta_1$  и различных значениях ширины окна  $\delta_2$ . (рис. 1), а также влияние коэффициента взвеси  $m$ , диаметра частиц  $d_2$ , на оптимальные значения ширины канала  $\delta_1$  (рис. 2 – 3).

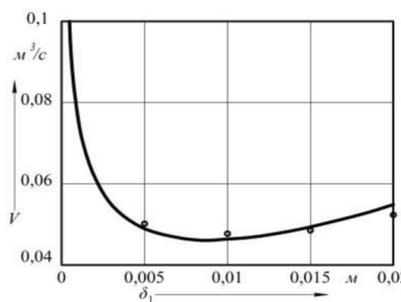


Рис. 1. Зависимость расхода теплоносителя  $V$  от ширины кольцевого канала  $\delta_1$

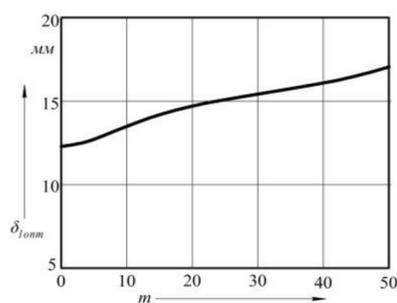


Рис. 2. Зависимость оптимальной ширины канала от коэффициента взвеси  $m$

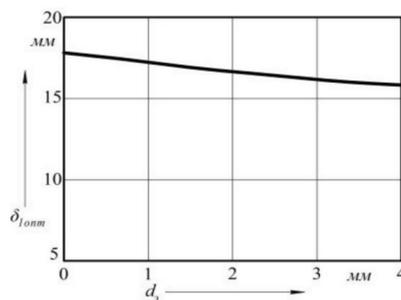


Рис. 3. Зависимость оптимальной ширины канала от диаметра частиц  $d_2$