

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОРЦИОННОГО ВИБРОДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ИЗ РАСПЛАВОВ

Г.В. Леонов, Р.Г. Леонов, В.Н. Хмелев

На базе компьютерного моделирования тепловых процессов при гранулировании из расплавов при непосредственном контакте с хладагентом изучено влияние качества диспергирования на характеристики ресурсосбережения. Результаты модельных исследований (компьютерного и натурного) позволяют рекомендовать предложенный метод порционного вибродиспергирования расплавов к применению в технологической практике гранулирования как наиболее совершенный из известных в плане обеспечения возможностей управления качеством продукта и оптимизации ресурсных затрат.

Ключевые слова: порционное вибродиспергирование, гранулирование из расплавов, грануляционная колонна, капля, компьютерное моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

В химической и ряде смежных областей промышленности весьма часто возникают задачи, связанные с формированием дисперсных систем газ-жидкость, жидкость-жидкость, жидкость-газ, для которых важным параметром является формирование элементов дисперсной фазы (капель жидкости, пузырей газа, с определенными размерами и жесткими допусками на отклонение этих размеров от заданных номинальных. Последнее, иными словами, означает формирование практически монодисперсной системы. Такого рода задачи характерны, в частности, для областей получения гранул из расплавов при непосредственном контакте с хладагентом, например, в производстве гранулированной серы, некоторых промышленных взрывчатых веществ, удобрений. Особенно важными требованиями к монодисперсности являются в производстве удобрений в гранулированном виде ввиду многотоннажности таких производств. Суть проблемы состоит в том, что процессы гранулирования реализуют в аппаратах башенного типа, а хладагентом является воздух. Время контакта элементов дисперсной фазы с хладагентом, необходимое для полного затвердевания вещества формируемых гранул, весьма существенно зависит от размеров последних. При обычных же методах диспергирования расплавов, базирующихся на струйном истечении из отверстий с последующим распадом струй на капли, последние имеют высокие уровни дисперсий диаметров. Высоту колонны (башни) в этом случае приходится рассчитывать исходя из условия полного затвердевания вещества самых крупных гранул, доля которых в общей

массе может быть невелика. Данный факт приводит к удорожанию оборудования для гранулирования, повышенным энергетическим и финансовым затратам на производство. Кроме того, ухудшаются характеристики качества готового продукта, связанные с его транспортировкой, хранением (наличие большой доли мелких фракций увеличивают «слеживаемость» продукта) и применением. Последний фактор связан с качеством работы устройств для внесения удобрений в почву, влияющим на равномерность их распределения.

При гранулировании промышленных взрывчатых веществ важным фактором является возможность уменьшения технологических объемов грануляционных колонн, обеспечение безостановочной их работы в течение длительного времени ввиду уменьшения вероятности образования конгломератов из незатвердевших гранул. Важным фактором также является возможность резкого снижения и даже полного исключения уноса мелких гранул потоком хладагента при сужении диапазона размеров формируемых элементов дисперсной фазы.

Оптимальное управление гранулятором с точки зрения получения максимальной производительности при максимальном тепловом к.п.д. в настоящее время практически нереализуемо ввиду, главным образом, невозможности эффективного управления распадом струй расплава на капли при использовании существующего аппаратного оформления процесса.

В случае использования в качестве хладагента жидкости (обычно – это вода) возникает проблема обезвоживания гранул. Обычно для этих целей применяется сушка,

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ИЗ РАСПЛАВОВ

т.е. удаление влаги путем перевода ее в иное агрегатное состояние (в паровую фазу), что существенно повышает энергоемкость всего промышленного процесса производства гранулированного продукта. При затвердевании крупных гранул (≈ 4 мм и более) процесс идет с поверхности с отводом тепла кристаллизации через образовавшийся и растущий сферический твердый слой. Так как плотность твердого вещества выше, часто – значительно, плотности расплава, внутри гранул образуются раковины. Обычно последние являются собой внутренние полости, канализованные на поверхность, заполненные жидкостью. При небольшом диаметре каналов жидкость весьма трудно удалить механическим путем, что увеличивает энергоемкость процесса сушки. Последняя проблема может быть в определенной мере разрешена путем создания условий для быстрого охлаждения материала гранулы, что для многих веществ позволяет достичь значительных величин переохлаждения. В этом случае часть процесса затвердевания (кристаллизации) после его начала может протекать с большой скоростью во всем объеме гранулы без существенного обмена теплом с хладагентом, что уменьшает объемы внутренних раковин. Достаточно быстрое охлаждение можно обеспечить, опять-таки, снижением верхней границы диапазона диаметров гранул.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ГРАНУЛЯЦИОННЫХ КОЛОННАХ

Справедливость вышеприведенных рассуждений была подтверждена на базе компьютерного моделирования охлаждения и кристаллизации вещества гранул. В качестве базы математической модели использовали известные математические описания указанных процессов [1...3] в виде системы дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности, граничных условий равенства фазовых плотностей тепловых потоков у поверхности раздела фаз, дифференциального энергетического баланса, начальных условий, адаптированных к условиям решаемой задачи. Наличие конвективных потоков в жидкой капле не учитывалось, что, как было экспериментально подтверждено одним из авторов, не привносит ощутимых погрешностей в подавляющем большинстве вариантов наборов физико-химических, теплофизических и геометрических параметров моделируемой системы. Для стадии охлаждения жидкой капли:

$$\frac{\partial T_{\partial}}{\partial \tau} = a_{\partial} \left(\frac{\partial^2 T_{\partial}}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T_{\partial}}{\partial r} \right) \quad 0 < r \leq r_{zp}, \quad (1)$$

$$-\lambda_{\partial} \frac{\partial T_{\partial}}{\partial r} = \alpha_c (T_{\partial} - T_c) \quad r = r_{zp}, \quad (2)$$

$$d\langle T_{\partial} \rangle C_{\partial} \rho_{\partial} V_{\partial} = C_c \rho_c V_c dT_c, \quad \text{или } dT_c = K d\langle T_{\partial} \rangle, \quad (3)$$

$$\langle T_{\partial} \rangle = \frac{3}{r_{zp}^3} \int_0^{r_{zp}} T_{\partial} r^2 dr \quad (4)$$

$$\text{Условие симметрии } \left. \frac{\partial T_{\partial}}{\partial r} \right|_{r=0} = 0 \quad (5)$$

$$\text{Нач. условие } T_{\partial}|_{\tau=0} = T_{\partial 0}, \quad 0 < r \leq r_{zp} \quad (6)$$

где $T_{\partial} = T_{\partial}(r, \tau)$ – температура дисперсной фазы; τ – текущее время; r – текущий радиус капли; r_{zp} – наружный радиус капли (гранулы);

λ_{∂} , ρ_{∂} , C_{∂} – соответственно коэффициент температуропроводности, коэффициент теплопроводности, удельная массовая теплоемкость, плотность вещества гранулы; α_c – коэффициент теплоотдачи в сплошной фазе;

T_c – соответственно температура, удельная массовая теплоемкость, плотность, объемный поток сплошной фазы; V_{∂} – объемный поток дисперсной фазы, $\langle T_{\partial} \rangle$ – средняя температура капли, K – отношение общих теплоемкостей дисперсной и сплошной фаз.

Для стадии кристаллизации вещества гранулы приведенная система уравнений дополнена граничным условием Стефана, являющим собой равенство плотностей потоков тепла на границе раздела фаз расплав – кристалл:

$$\frac{\partial T_{\partial}}{\partial \tau} = a_{\partial m} \left(\frac{\partial^2 T_{\partial}}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T_{\partial}}{\partial r} \right), \quad R \leq r \leq r_{zp} \quad (7)$$

$$-\lambda_{\partial m} \frac{\partial T_{\partial}}{\partial r} = \alpha_c (T_{\partial} - T_c) \quad r = r_{zp}, \quad (8)$$

$$\frac{dR}{d\tau} = \frac{\lambda_{\partial m}}{\rho_{\partial m} \Delta H_{\partial m}} \cdot \frac{\partial T_{\partial}}{\partial r}, \quad r = R, \quad (9)$$

$$-\frac{3}{r_{zp}} \lambda_{\partial m} \frac{\partial T_{\partial}}{\partial r} V_{\partial} = V_c \rho_c C_c \cdot dT_c, \quad r = r_{zp} \quad (10)$$

где R – текущее значение внутреннего радиуса кристаллического сферического слоя твердеющей гранулы, м. Подстрочный индекс m указывает на принадлежность параметра твердой фазе кристаллизующегося вещества

гранулы; $\Delta H_{пл}$ – удельная энтальпия фазового перехода, Дж/кг.

Решение приведенной системы уравнений было реализовано в формах:

Коэффициент теплоотдачи определялся по известным критериальным зависимостям для нестесненных режимов взаимного движения фаз (объемная доля сплошной фазы $\varepsilon \geq 0,95$.) Величина ε определялась по полученной нами формуле:

$$\varepsilon_{1,2} = - \left[\left(K \frac{\rho_c C_c}{\rho_o C_o} + 1 \right) \frac{V_c}{2w_{oc} \cdot S_k} - 0,5 \right] \pm \sqrt{\left[\left(K \frac{\rho_c C_c}{\rho_o C_o} + 1 \right) \frac{V_c}{2w_{oc} \cdot S_k} - 0,5 \right]^2 + \frac{V_c}{w_{oc} \cdot S_k}} \quad (11)$$

где S_k – площадь поперечного сечения колонны, w_{oc} – скорость осаждения гранулы.

Одно из решений отбраковывалось ввиду невозможности физической реализации. Записанные уравнения решены численными методами в среде Borland Developer Studio 2006 для варианта гранулирования промВВ на Бийском олеумном заводе с промышленными параметрами потоков расплава и хладагента (воды). На рисунке 1 приведены распечатки экрана с результатами моделирования, представленными в графической форме для зон охлаждения вещества гранулы (линия 1 – средняя температура расплава, линия 2 – температура хладагента) и кристаллизации (линия 3 – температура в шаге от поверхности гранулы, линия 4 – температура расплава у поверхности кристаллизации внутри твердеющей гранулы, линия 5 – температура хладагента).

Начало стадии кристаллизации характеризуется резким подъемом температуры в ее центре до температуры межфазного перехода, которая в дальнейшем остается постоянной до полного затвердевания вещества гранулы. Работа программы прекращалась после выхода графиков на предел сетки по оси абсцисс. Необходимая высота участка колонны для охлаждения и кристаллизации расплава определялась на базе скорости капли относительно колонны, определяемой суммой скоростей витания капли и скорости хладагента (вариант прямотока), и суммарного времени охлаждения расплава до начала кристаллизации, кристаллизации, охлаждения центра гранулы до 60 °С.

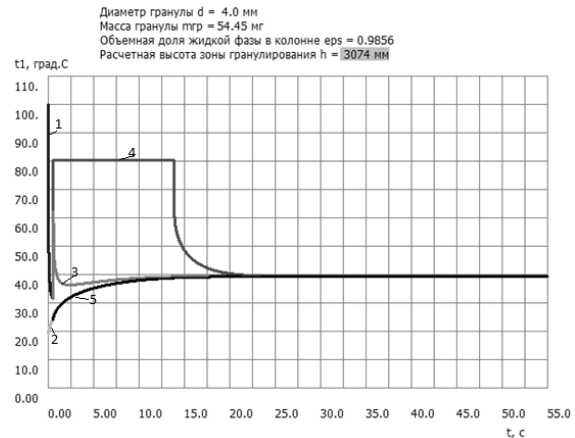


Рисунок 1. Распечатка экрана с результатами моделирования тепловых процессов в грануляторе

На рисунке 2 представлена модельная кривая зависимости требуемой высоты колонны от диаметра гранул.

Как видно, это весьма сильная зависимость. В производствах гранулированных удобрений используют грануляционные башни, высота которых нередко превышает 100 метров. Совершенно очевидно, что, ограничивая дисперсию размеров гранул, можно получить существенный экономический эффект за счет снижения стоимости основного оборудования и эксплуатационных затрат.

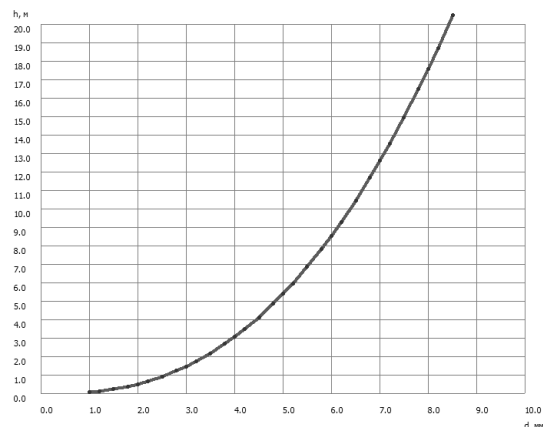


Рисунок 2. Модельная зависимость высоты теплообменного участка грануляционной колонны от диаметра гранулы

Проанализируем изменение величины усадки гранул в случае наличия переохлаждения. В этом случае будет происходить выделения кристаллической фазы в объеме капли расплава в результате практически изэнтропного (адиабатического) процесса. Обозначим массу кристаллов, образовавшихся в течение изэнтропного процесса кристалли-

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ИЗ РАСПЛАВОВ

зации m_s . Величину этой массы можно определить условия сохранения количества тепла в системе (грануле):

$$m_{zp} \cdot C_o \cdot \Delta T = m_s \Delta H_{пл}, \quad (12)$$

где ΔT - величина переохлаждения.

После ряда подстановок и преобразований получим выражение для определения величины усадки $\Delta V_{\varepsilon, \Delta T}$ после полного затвердевания предварительно переохлажденной гранулы:

$$\Delta V_{\varepsilon, \Delta T} = 1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_{мс} - \frac{C_{мс}}{\Delta H_{пл}} \Delta T \rho_{мс} - \rho_{жс}}.$$

Интересно, что уравнение (13) позволяет рассчитать величину переохлаждения необходимого для полного исключения усадки. При $\Delta V_{\varepsilon, \Delta T} = 0$ уравнение трансформируется к виду:

$$\Delta T \Big|_{\Delta V_{\varepsilon}=0} = \frac{\Delta H_{пл}}{C_{мс}}. \quad (14)$$

Отметим, что с уменьшением диаметра гранул, скорость охлаждения расплава и, соответственно, величина достигаемого переохлаждения резко увеличиваются.

Таким образом, решение ряда проблем управления формированием качества гранулированных продуктов (гранулометрический состав, плотность, энергозатраты на производство, удельная производительность промышленного оборудования, технологическая безопасность) возможно на базе разработки способа управления процессом диспергирования жидких сред, который (процесс) должен соответствовать принципам наблюдаемости, управляемости, устойчивости. Представляется, что наилучшим современным решением, применительно к формированию системы управления таким процессом, является базирование на методах прямого цифрового управления. Одной из первоочередных задач при таком подходе является создание математической модели процесса диспергирования и управления им.

В настоящее время в промышленности используются несколько методов управления процессом диспергирования жидких струй. Наиболее интересным представляется метод управления распадом струй, базирующийся на эффектах резонансных явлений, сопровождающихся генерацией акустических колебаний, открытых Рэлеем. Однако используемые в настоящее время способы управления распадом струй путем наложения на расплав акустических колебаний резонансных частот [4...6] не решают в полной мере проблемы получения монодисперсного состава жидких капель и, соответственно, продуктовых гранул, а также диапазоны возможного регули-

рования размеров элементов дисперсной фазы недостаточно широки.

Как показали результаты исследований, проведенных в Бийском технологическом институте [7], существуют возможности кардинального усовершенствования метода вибродиспергирования.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОРЦИОННОГО ВИБРОДИСПЕРГИРОВАНИЯ БТИ

В процессе исследований вибродиспергирования применительно к усовершенствованию гранулирования промВВ из расплава был обнаружен эффект порционного вибродиспергирования, близкого к капельному, но при высоких величинах потоков жидкости в отверстии истечения, характерных для интенсивного струйного истечения. Эффект наблюдался при амплитудах генератора колебаний (диска-осциллятора), превышающих некоторые пороговые значения.

Данный метод был исследован применительно к диспергированию жидкости в жидкость при небольших напорах над отверстием истечения. В результате были получены капли практически монодисперсного состава. Полученные результаты рассматривались как предварительные. В данной статье приводятся результаты исследования процесса, базирующегося на обнаруженном эффекте, при диспергировании жидкой фазы в газовую среду при величинах напоров расплава, которые характерны для промышленных грануляторов. Результаты получены на базе компьютерного и натурного моделирования.

Разработанное математическое описание процесса порционного вибродиспергирования базируется на рассмотрении растущей капли как объекта с переменной массой и записи в ее отношении закона сохранения импульса силы.

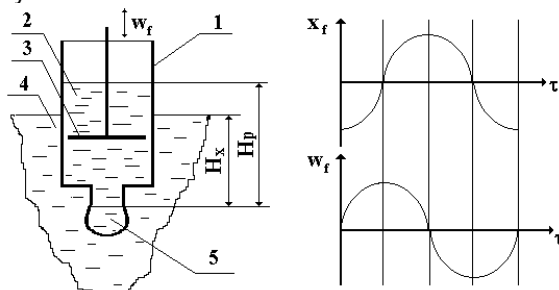


Рисунок 3. Схема вибродиспергатора: 1 - стакан диспергатора (емкость для расплава); 2 - расплав; 3 - диск - осциллятор; 4 - хладагент; 5 - растущая капля расплава

На рисунке 3 представлена схема вибродиспергатора, послужившая базовой при разработке модели. С целью обеспечения

удобного масштаба рисунка изображен диспергатор с одним отверстием. Количество отверстий не влияет на ход рассуждений. На приведенном рисунке рассмотрена наиболее общая схема истечения жидкости в жидкость.

Справа на рисунке приведены графики перемещений и скоростей колебательного движения диска-осциллятора.

После преобразований получим следующую систему уравнений (15...23), являющуюся математическим описанием процесса вибродиспергирования.

$$\left(\frac{1}{3}KV_k^{-2/3} - \frac{4\varphi}{\mu\pi d_o^2}\right)Q_o^2 + KV_k^{1/3}\frac{dQ_o}{d\tau} + \frac{\rho_p - \rho_x}{\rho_p}gV_k = \frac{\sigma\pi d_o}{\rho_p} \quad (15)$$

$$V_k = \int_0^{\tau} Q_o d\tau; \quad (16)$$

$$Q_o = \mu \frac{\pi d_o^2}{4} \left(\frac{2\Delta P_c + P_f}{\rho_p} \right)^{1/2}; \quad (17)$$

$$\Delta P_c = g \left(\rho_p H_p - \rho_x H_x \right); \quad (18)$$

$$P_f = \xi \frac{\rho_p w_f^2}{2}; \quad (19)$$

$$d_k = \left(\frac{6V_k}{\pi} \right)^{1/3}; \quad (20)$$

$$K = \frac{1}{3} \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{1/3}; \quad (21)$$

$$w_f = A\omega \sin \omega \tau; \quad (22)$$

$$\frac{dQ_o}{d\tau} = \mu \frac{\pi d_o^2}{4} \left(\frac{2}{\rho_p} \left(\Delta P_c + \xi \frac{\rho_p}{2} A^2 \omega^2 \sin^2 \omega \tau \right) \right)^{-1/2} \times$$

$$\times \xi \rho A^2 \omega^2 \sin \omega \tau \cos \omega \tau; \quad (23)$$

где m_k - масса капли; w_{pk} - скорость роста капли; w_o - скорость истечения расплава из отверстия; m_{kx} - масса хладагента с объемом, равным объему капли; g - ускорение свободного падения; σ - удельная межфазная энергия; d_o - диаметр отверстия истечения; τ - время; ρ_p - плотность расплава; V_k - объем капли; Q_o - поток расплава из отверстия. μ - коэффициент расхода; ΔP_c - гидростатическое давление истечения расплава; P_f - вибрационное давление; ρ_x - плотность хладагента; H_p , H_x - соответственно высоты уровней расплава и хладагента над нижним срезом отверстия истечения; φ - коэффициент скорости истечения. Пределы интегрирования τ_0^T $T = \frac{2\pi}{\omega} = f^{-1}$; $\mu = 0,63$; $\varphi = 0,83$.

Для реализации математической модели порционного вибродиспергирования разработана компьютерная программа, алгоритм которой позволяет определить для заданной частоты минимальную амплитуду колебаний диска-осциллятора, при которой начинается режим порционного истечения расплава из отверстий диспергатора (т.е. исчезает нераспавшаяся струя, и в течение каждого периода колебания из отверстия вылетает одна капля расплава). Суть алгоритма в пошаговом на-

ращивании амплитуды с последующим определением разности значений левой («Л») и правой («П») частей уравнения (15). При выполнении условия «Л» $\geq$ «П» программа заканчивает работу. В ходе реализации алгоритма определяется размер (диаметр) капли, соответствующий найденному таким образом значению амплитуды колебаний.

С целью проведения экспериментального исследования порционного вибродиспергирования и проверки адекватности компьютерной модели была создана лабораторная установка, схема которой представлена на рисунке 4.

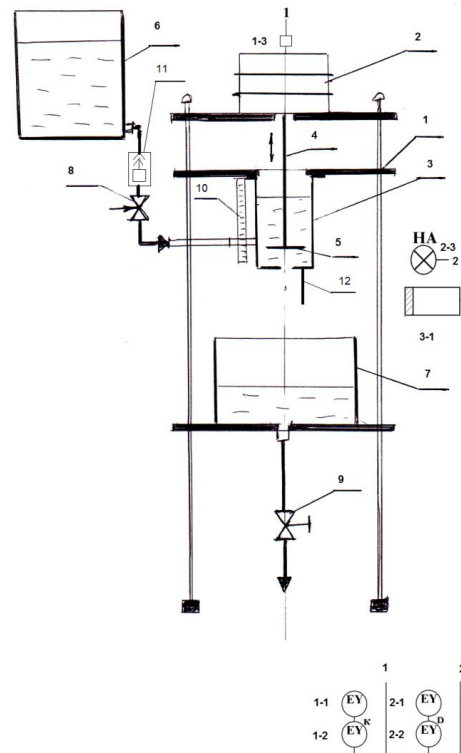
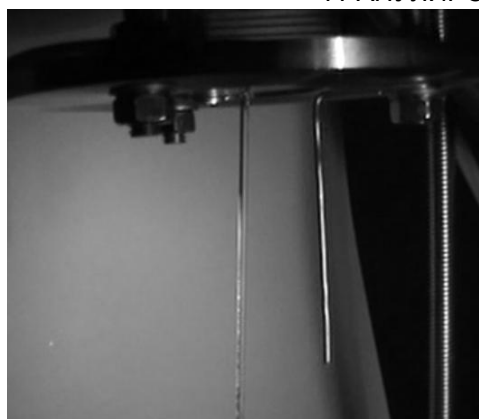


Рисунок 4. Функциональная схема экспериментально-измерительной установки: 1 – корпус каркасного типа; 2 – электродинамический вибратор; 3 – стакан диспергатора, выполненный из силикатного стекла, имеющий сменное алюминиевое днище с отверстием; 4 – шток, с укрепленным на нем диском-осциллятором 5, крепящийся к подвижному элементу электродинамического вибратора; 6 – напорная емкость; 7 – сборник жидкости; 8 – регулирующий вентиль; 9 – запорный вентиль; 10 – линейка уровня; 11 – поплавковое устройство поддержания уровня жидкости в диспергаторе; 12 – калибр для определения масштаба на изображении. В состав установки входят также система управления электродинамическим вибратором 1-1...1-3, система управления импульсно-частотной ксеноновой лампой 2-1...2-3 и видеокамерой 3-1.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГРАНУЛИРОВАНИЯ ИЗ РАСПЛАВОВ



а – без наложения вибраций



б – частота 120 Гц



в – частота 200 Гц

Рисунок 5. Кадры видеосъемки

Удельная межфазная энергия $\sigma=0.02 \text{ Дж/м}^2$
 Диаметр отверстия истечения $d_0=1.5 \text{ мм}$
 Плотности расплава и хладагента $\rho_0=1000 \text{ кг/м}^3$, $\rho_c=1.29 \text{ кг/м}^3$
 Высоты уровня расплава $H_p=70 \text{ мм}$
 f – частота колебаний диска-осциллятора.
 $\langle d_k \rangle$ – средний измеренный диаметр капли,
 где d_{ki} – измеренный диаметр одной капли;
 σ_k – среднеквадратичное отклонение,

$d_{кр}$ – рассчитанный по модели диаметр капли, мм;

A_p – рассчитанное минимальное значение амплитуды, соответствующее порционному вибродиспергированию.

На рисунке 5 представлены кадры видеосъемки зоны диспергирования при различных режимах работы вибратора. Качество диспергирования – очевидно и не нуждается в комментариях.

Таблица 1 содержит обработанные результаты эксперимента в сравнении с результатами компьютерного моделирования. Полученная в наших исследованиях точность прогнозирования не так уж низка, если учесть, что это результаты первого приближения и явно просматривается наличие систематической погрешности. Модель требует дальнейшего совершенствования, но, учитывая неплохие полученные результаты, у нее хорошие перспективы.

Таблица 1

Результаты измерений и модельного прогноза

$f, \text{ Гц}$	$\langle d_k \rangle, \text{ мм}$	$3\sigma_k, \text{ мм}$	$d_{кр}, \text{ мм}$	$\Delta d, \text{ мм}$	$\Delta d_\varepsilon, \%$	$A_p, \text{ мм}$
70	2.71	0.236	3.38	0.67	25	7.31
80	2.51	0.474	3.27	0.76	30	6.71
90	2.41	0.402	3.17	0.76	32	6.21
100	2.38	0.342	3.08	0.7	29	5.81
120	2.29	0.315	2.94	0.65	28	5.11
140	2.39	0.391	2.82	0.43	18	4.51
160	2.28	0.285	2.72	0.44	19	4.11
180	2.17	0.511	2.65	0.48	22	3.81
190	2.13	0.329	2.60	0.47	22	3.61
200	2.08	0.355	2.57	0.49	24	3.51
220	2.09	0.285	2.52	0.43	21	3.31
240	2	0.285	2.46	0.46	23	3.11
260	2.02	0.3	2.41	0.39	19	2.91

ВЫВОДЫ

На базе компьютерного моделирования теплопереноса при гранулировании из расплавов с непосредственным контактом с хладагентом показана необходимость максимально возможного уменьшения дисперсии размеров формируемых капель расплава с целью оптимизации теплового К.П.Д. процесса, минимизации затрат на производство оборудования, существенного снижения энергозатрат на последующей стадии сушки гранул за счет уменьшения количества имобилизованной влаги.

Экспериментально подтверждена возможность монодисперсного порционного вибродиспергирования при истечении жидкости в газовую среду.

Реализована компьютерная модель процесса порционного вибродиспергирования и показана ее адекватность на уровне около 6 % (с учетом систематической погрешности).

Планируется дальнейшее проведение исследований процесса порционного вибродиспергирования в вариантах использования диспергатора с большим количеством отверстий, т.е. в условиях, приближенных к промышленным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казакова Е.А. Гранулирование азотосодержащих удобрений. - М.: Химия, 1980.

2. Броунштейн Б.И., Фишбеин Г.А. Гидродинамика, массо- и теплообмен в дисперсных системах. - Л.: Химия, 1977. 280с.

3. Броунштейн Б.И., Щеголев В.В. Гидродинамика, массо- и теплообмен в колонных аппаратах. - Л.: Химия, 1988. - 336 с.

4. Холин Б.Г. Центробежные и вибрационные грануляторы плавов и распылители жидкости. - М.: Машиностроение, 1977. 182с.

5. Грачев И.С., Кокорев Д.Т., Юдаев В.Ф. // ИФЖ, 30, N 4, 1976, с. 665...670.

6. Грачев И.С., Гукасов Н.А. // ИФЖ, 36, N 1, 1979, с. 107...109.

7. Леонов Г.В., Логинов В.В. // Сб. Труды Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Выпуск 4. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1995, с. 115...126.

СОТРУДНИЧЕСТВО ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА КУЗГТУ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Т.Г. Черкасова, К.В. Мезенцев, Е.Ю. Старикова

Формирование кадрового резерва – одна из важных стратегических задач обеспечения преемственности поколений инженерно-технических кадров на химических предприятиях. Инвестиции в развитие персонала являются серьезной нематериальной мотивацией для сотрудников и «закрепляют» их в компании. Кадровый резерв сокращает расходы на подбор новых работников и в конечном итоге способствует формированию команды высококвалифицированных профессионалов. С 2009 года химико-технологический факультет Кузбасского государственного технического университета работает по программе подготовки кадрового резерва для предприятий отрасли. Инициатива направлена на выявление способных, ориентированных на развитие студентов, раскрытие их личностного потенциала, предоставление им возможности для обучения и карьерного роста.

Ключевые слова: химическая технология, факультет, подготовка кадров, практика, целевой набор, кадровый резерв

В 2009 году химико-технологический факультет (ХТФ) Кузбасского государственного технического университета отметил 50-летие. За эти годы подготовлено около восьми тысяч инженеров химиков-технологов и химиков-механиков.

Несмотря на перестройку системы образования, экономические и структурные преобразования факультет живёт и ищет перспективные пути взаимодействия с представителями производства, стремится к взаимовыгодному партнёрству.

Несколько лет назад работодатели искали менеджеров по продажам, некоторое время спустя – специалистов с экономическим образованием. А через несколько лет лидирующие позиции в рейтинге специальностей займут инженеры-химики, биологи и экологи.

Уже сейчас возникает острая нехватка профессиональных инженеров, технических специалистов и руководителей среднего звена на производстве. Особенно будет цениться сочетание технического и экономического или юридического образования.

Сегодня многие промышленные предприятия столкнулись с проблемой нехватки молодых и хорошо подготовленных кадров. Старые производственники уходят на заслуженный отдых, а заменить их просто некому. Реальное производство развивается и зачастую мало соответствует тому, о чем пишут в учебниках. Да и в былые времена молодым специалистам, только пришедшим на производство, также необходимо было срочно переучиваться.

Случайных, не подготовленных к труду людей не жалуют нигде. Есть производства,