

## ГРАНУЛИРОВАНИЕ В ВИХРЕВОМ ВЗВЕШЕННОМ СЛОЕ: АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ГРАНУЛЯТОРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ

Москаленко К.В., аспирант, Ведмедера В.С., студент,  
Артюхов А.Е., канд. техн. наук, доцент, Покотыло В.Н., ведущий специалист  
Сумской государственной университет, г. Сумы

*Проведен сравнительный анализ конструкций грануляторов в производстве гранулированных продуктов. Описана краткая характеристика грануляционного оборудования. Рассматривается возможность применения технологии гранулирования в вихревом взвешенном слое и перспективы ее развития.*

*A comparative analysis of constructions of granulators in the production of granulated products has been held. A brief characteristic of granulation equipment has been described. The possibility of applying the technology of granulating in vortex suspended bed and its development prospects are shown.*

Ключевые слова: гранулятор, вихревой взвешенный слой

В настоящее время в производстве минеральных удобрений, а также различных материалов пищевой и химической промышленности одно из основных мест занимают процессы гранулирования. Усовершенствование технологии осуществления этих процессов требует, в том числе, и увеличение удельной мощности аппаратуры для производства гранулированных продуктов.

В существующих технологических схемах производства гранулированных продуктов средней производительности широкое распространение получили грануляторы взвешенного слоя. Проведение гранулирования в таких аппаратах требует меньших затрат материальных и энергетических ресурсов по сравнению с другими видами грануляционного оборудования. В то же время, грануляторы взвешенного слоя обладают рядом недостатков, основным из которых является низкая стабильность взвешенного слоя в широком диапазоне изменений нагрузок по газовой и твердой фазе, и, как следствие, сложность управления и регулирования процессов в этих аппаратах [1]. С целью устранения недостатков указанного типа оборудования разрабатываются другие формы организации взаимного движения потоков, более эффективные конструкции грануляторов, которые призваны обеспечить необходимые технические требования к готовой продукции.

Улучшение равномерности взаимного контакта потоков в грануляторе, обеспечение необходимого времени пребывания фаз, снижение гидравлического сопротивления в рабочем пространстве аппарата, интенсификация тепломассобменных процессов имеют важное значение для достижения прогресса в совершенствовании современных и создании новых аппаратов. Применение вихревого взвешенного слоя приводит к улучшению эффективности тепломассобмена, выравниванию температурных неравномерностей, стабилизации течений [2].

Для определения путей повышения эффективности технологического процесса гранулирования необходимо проанализировать существующие конструкции грануляторов вихревого взвешенного слоя и дать их сравнительную оценку.

В настоящее время в технологии получения гранулированной продукции нашли применение вихревые грануляторы взвешенного слоя отечественных и зарубежных (Urea Casale S.A., Kahl Group, Neuhaus Neotec, Changzhou Xianfeng Drying Equipment Company Ltd и др.) производителей. Ниже рассмотрены особенности конструкций этих грануляторов, их достоинства и недостатки.

На рисунке 1 представлен гранулятор производства Changzhou Xianfeng Drying Equipment Company Ltd. [3]. В отличие от традиционной технологии верхнего распыления, в этом аппарате осуществляется прямоточное движение газового потока и гранул за счёт нижнего распыления жидкого материала. На начальном этапе формирования гранулы осуществляют упорядоченное движение и образуют стабильный вихрь в центральной трубке. Вихревое движение потоков устраняет проблемы возможного возникновения застойных зон.

Принципиальная схема вихревого гранулятора фирмы Urea Casale S.A [4] представлена на рисунке 2. Эта конструкция предусматривает боковое введение расплава в горизонтальный вихревой взвешенный слой, который состоит из двух цилиндров, вращающихся в различных направлениях.

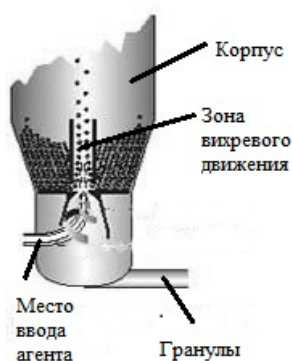


Рис. 1 – Гранулятор производства Changzhou Xianfeng Drying Equipment Company Ltd

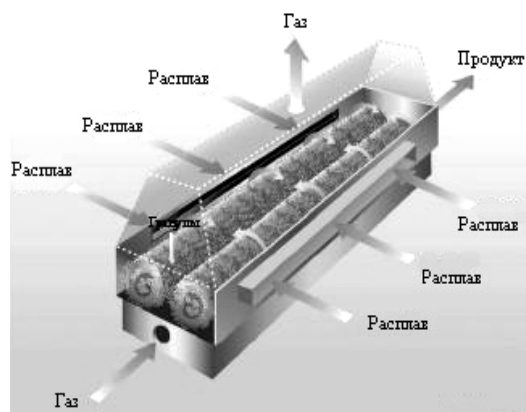


Рис. 2 – Вихревой гранулятор фирмы Urea Casale S.A

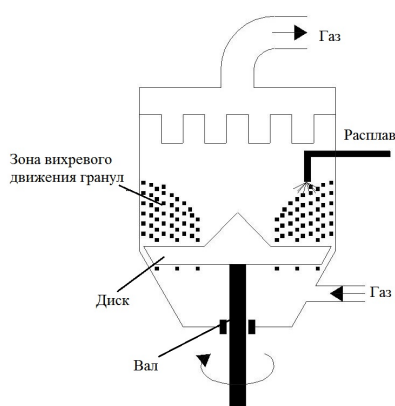


Рис. 3 – Гранулятор взвешенного слоя с вращающимся диском

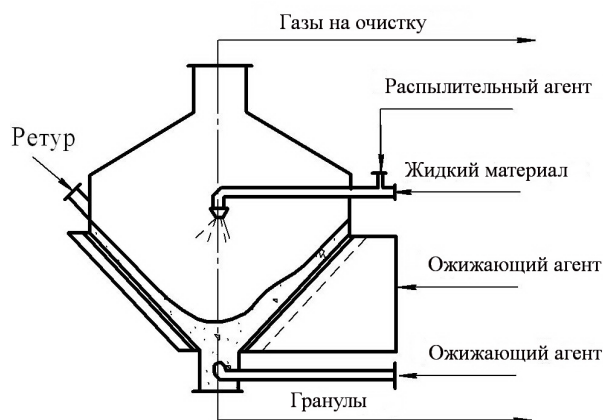


Рис. 4 – Аппарат с вихревым слоем гранул

Особенности конструкции гранулятора взвешенного слоя с вращающимся диском продемонстрированы на рисунке 3 [5]. Диск усеченной конической формы приводится во вращение валом, смонтированным в центре нижней части аппарата. При использовании этой конструкции наблюдается явление деформации капли при попадании на вращающийся диск. Наличие вращающихся частей также снижает надежность этого аппарата.

Один из вариантов аппарата с вихревым слоем гранул [6] представлен на рисунке 4. В аппаратах данного типа вращающийся поток теплоносителя обеспечивает упорядоченное движение материала. Благодаря взвешенному круговому движению материал не образует агломератов.

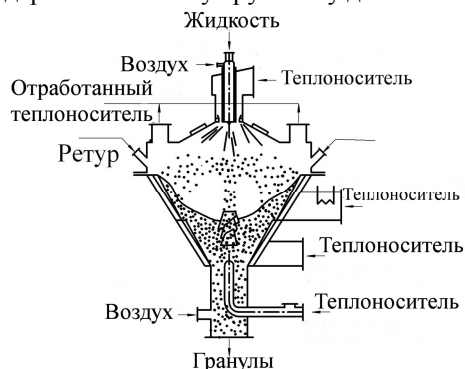


Рис. 5 - Сушилка - гранулятор вихревого типа со встречными потоками

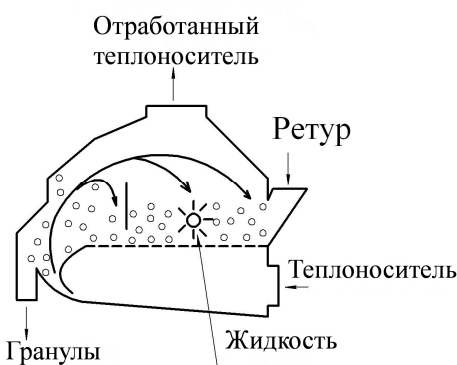


Рис. 6 - Гранулятор с сепарацией гранул в вихревом слое

На рисунке 5 приведена принципиальная конструкция сушилки-гранулятора вихревого типа со встречными потоками [7]. Высокотемпературный теплоноситель разбивается на два потока, один из которых разгоняется в конической вставке и поступает на распылительную сушку жидкого материала и торможение восходящего потока гранул, а другой закручивается завихрителями и поступает на подсушку смоченных гранул, придавая им вращательное движение и усиливая тем самым сепарационный эффект. В зависимости от собственной массы подсушенные гранулы падают в закрученный взвешенный слой на различных расстояниях от оси его вращения и вовлекаются во вращательное движение.

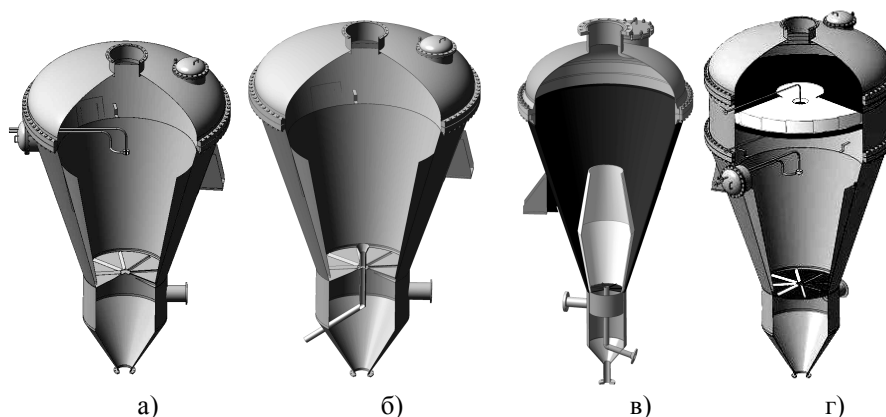
Гранулятор с сепарацией гранул в вихревом слое [8] показан на рисунке 6. Вихревой слой в этих аппаратах образуется в сепарационном пространстве за счет подачи воздушной струи под нижнюю границу потока гранул, выводимых из взвешенного слоя. Вынесенные воздушной струей в сепарационное пространство мелкие частицы при сообщении им ускорения, образуют вихревой слой, в котором проявляется эффект сепарации частиц по размерам.

Приведенные выше грануляторы, несмотря на все их достоинства, требуют дополнительной установки оборудования для обеспечения внутренней циркуляции ретура, а для некоторых из вышеперечисленных конструкций – оборудования для обеспечения классификации. Также при помощи таких конструктивных исполнений грануляторов и организации движения технологических потоков, затруднительно управлять полетом гранул в полете.

Основными факторами, которые отрицательно влияют на качество гранулированных продуктов, является:

- возможность столкновения и агломерации отдельных капель;
- неравномерность времени контакта дисперсной фазы с газовым потоком;
- отсутствие интенсивного бокового перемешивания.

Анализ конструкций грануляторов позволил предложить аппараты, показанные на рисунке 7, которые позволяют уменьшить влияние вышеперечисленных факторов на формирование гранул и устранить проблемы связанные с дополнительной установкой оборудования для обеспечения внутренней циркуляции ретура.



*а) с распылением расплава [9]; б) с предварительным увлажнением гранул и простым внутренним корпусом [10]; в) с предварительным увлажнением гранул и составным внутренним корпусом [11]; г) с сепарационной секцией [12]*

**Рис. 7 - Конструкции вихревых грануляторов**

В основу данных аппаратов заложен принцип проведения одновременно процесса гранулирования, классификации, внутренней циркуляции ретура, а также улавливания мелких частиц (сепарации). Осуществление этих процессов в различных зонах гранулятора позволяет осуществлять управление временем пребывания гранул за счет изменения гидродинамических условий движения потоков по высоте рабочего пространства. Также аппараты вихревого взвешенного слоя наряду с аппаратами комбинированного взвешенного слоя [13], позволят уменьшить наличие застойных зон и интенсифицировать боковое перемешивание в слоях

Выводы.

Рассмотренные конструкции грануляторов показали, что технология вихревого взвешенного слоя требует дальнейшего усовершенствования.

Перспективным направлением развития технологии получения гранулированных продуктов во взвешенном слое является создание вихревых грануляторов – классификаторов с внутренней циркуляцией

ей ретура. В представленной работе приведены основные перспективные конструкции таких грануляторов. Разработанные малогабаритные аппараты вихревого взвешенного слоя с переменным по высоте сечением рабочего пространства позволяют решить ряд проблем, которые описаны в статье [14].

#### Литература

1. Гельперин Н.И., Девидсон И., Харрисон Д. Псевдооживление. – М.: Химия. - 1974. – 728 с.
2. Митрофанова О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок. – М.: Физматлит. - 2010. – 288 с.
3. <http://www.everychina.com/site-vortex-granulator>
4. Better product quality // Nitrogen Fertilizer Finishing Nitrogen+Syngas 319. – 2012. - pp 52 – 61
5. Guignon B., Duquenoy A., Dumoulin E. D. Fluid Bed Encapsulation of Particles: Principles and practice // Drying Technology, No. 20. – 2002. - pp. 419-447.
6. Классен П.В. Основные процессы технологии минеральных удобрений. И.Г. Гришаев. – М.: Химия. - 1990. – 304 с.
7. А.с. 1554958 СССР, МКИ В01J2/16. Устройство для сушки и гранулирования жидких материалов / Б.С. Сажин, Б.П. Лукацкий, А.А. Полевич, А.В. Акулич, В.З. Павелко (СССР). – №4167541/31–26; заявл. 26.12.1986; опубл. 07.04.1990.
8. Патент №10288 А Україна, МПК 7 В01J2/16. Спосіб одержання гранульованого продукту / Є.В. Донат, М.П. Юхименко; заявник та патентовласник Сумський державний університет. – №93111445; заявл. 31.03.1993; надрук. 25.12.1996.
9. Патент № 82754 Україна, МПК В01J2/16(2006.01) Спосіб гранулювання рідкого матеріалу та пристрій для його здійснення // А.Є. Артюхов, В.І. Склабинський; заявник та патентовласник Сумський державний університет. – заявл. 20.07.2006; опубл. 12.05.2008, бюл. №9.
10. Патент № 99023 Україна, МПК12 В01J 2/16, В01J 2/00 Спосіб отримання гранул пористої структури та пристрій для його здійснення // А.Є. Артюхов, В.І. Склабинський; заявник та патентовласник Сумський державний університет. – заявл. 13.12.2010; опубл. 10.07.2012, бюл. № 13.
11. Патент на корисну модель №93649 Україна МПК В01J2/16 (2006.01). Пристрій для одержання гранул пористої структури / Артюхов А.Є., Фурса О.С., Москаленко К.В.– Заявлено 05.05.2014; Надрук 10.10. 2014, Бюл. №19.
12. Артюхов А.Е., Ляпошенко А.А., Склабинский В.И. Инерционно-фильтрующие сепараторы для очистки отходящих газов в вихревых грануляторах // Материалы научной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании». – 2010. - 67-69 с.
13. Артюхов А.Є. Гідродинамічні чинники грануляційних пристроїв із зниженою висотою польоту гранул. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Суми. - 2009. – 181 с.
14. Artyukhov A.E. Vortical type granulators in the chemical industry // Materials of scientific conference, staff and students of SSU. – 2006. - part 2, pp. 32-33.

УДК 66.047

## КІНЕТИКА ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПОДРІБНЕНОЇ ДЕРЕВИНИ

Мосюк М. І., канд. техн. наук, асистент., Псюк Ю. Я., магістр., Рудей І. А., магістр  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

*У статті наведені результати експериментальних досліджень основних фізичних характеристик подрібненої деревини (тирси), а також дослідження кінетики і динаміки та швидкості її фільтраційного сушіння.*

*In the article we see results of experimental studies of basic physical characteristics chopped wood (sawdust), as well as investigation of kinetics, dynamics and speed of filtration drying.*

Ключові слова: подрібнена деревина, тирса, стаціонарний шар, кінетика, динаміка, тепловий агент, фільтраційне сушіння.

Вступ. Ситуація, що склалася на сьогодні в енергетичній і екологічній сферах, змушує світорієнтуватися на широкомасштабне використання екологічно-безпечних, відновлюваних та високопродуктивних енергоресурсів. Серед відновлювальних джерел усе більшого поширення набувають енергоносії біологі-