

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ
ВРАЩАЮЩИХСЯ ВИБРАЦИОННЫХ ГРАНУЛЯТОРОВ ПЛАВА В
АГРЕГАТАХ ПОЛУЧЕНИЯ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ**

*А. Е. Артюхов, канд. техн. наук, доцент;
Н. П. Кононенко, ст. научн. сотр.,
Сумский государственный университет,
ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина;
E-mail: rohnpr@yandex.ru*

Приведена сравнительная характеристика грануляторов различных типов для башенного гранулирования. Выделены основные преимущества вращающихся вибрационных грануляторов плава. Представлены результаты промышленных испытаний вибрационных грануляторов плава на украинских и зарубежных предприятиях.

***Ключевые слова:** вращающийся вибрационный гранулятор плава, грануляционная башня, качество, аммиачная селитра.*

ВВЕДЕНИЕ

Метод гранулирования путем разбрызгивания плава в свободный объем нашел широкое применение при получении гранул из высококонцентрированных плавов в высоких полых емкостях (грануляционных башнях) с охлаждением и кристаллизацией падающих капель во встречном потоке воздуха. Применяется этот метод как в отечественной практике (агрегаты АС-67, АС-72 и др.), так и в зарубежных технологиях гранулирования (схемы «Кемико», «Стамикарбон», «Ай-Си-Ай», «Штенгель», «Кемико-Кальтенбах», «Тойо Коатцу Индастриэл», «Норск-Гидро» и др.) [1-3].

Структура производства азотных удобрений на предприятиях Украины также характеризуется преимущественно башенным способом их получения, при этом значительная часть мощностей работает на экспорт. Улучшение потребительских свойств получаемой продукции до уровня мировых требований по качеству и энергопотреблению при производстве является важной задачей предприятий-производителей минеральных удобрений.

Основные преимущества метода башенного гранулирования:

- продукт, полученный в грануляционных башнях, имеет более стабильный гранулометрический состав;
- большая производительность по готовому продукту.

При проектировании башенных агрегатов по производству минеральных удобрений особое внимание уделено конструкции грануляторов для создания потока монодисперсных капель. Разработанные Сумским государственным университетом высокоэффективные конструкции вращающихся вибрационных грануляторов плава (ВВГ) по своим характеристикам выгодно отличаются от других конструкций грануляторов, используемых в настоящее время в технологии башенного гранулирования [4].

Грануляция аммиачной селитры происходит в башнях с высотой падения гранул 28-50 м, диаметром корпуса 12-16 м, встроенным или выносным охладителем гранул типа «КС». Диаметр встроенного охладителя от 4,5 до 8,0 м. Расход воздуха через башню – 200-700 тыс. м³/ч. Для диспергирования плава азотного удобрения в этих производствах используются 6 статических акустических грануляторов конструкции НИИХИММАШ производительностью 18-25 т/ч (3 в работе

и 3 в резерве), или 1-2 вращающихся вибрационных гранулятора типа ВВГ производительностью 22-45 т/ч.

Использование процесса монодиспергирования вносит коренное усовершенствование в технологию получения удобрений. Применение равномерных (монодисперсных) гранул в сельском хозяйстве позволяет равномерно распределить удобрения по удобряемой площади и за счет этого получить дополнительную прибавку урожая до 10 %.

Виброгрануляторы позволяют получить прочные монодисперсные гранулы с гладкой глянцевой поверхностью (степень монодисперсности до 99 %), что обуславливает возможность интенсификации процесса грануляции и существенно повышает агротехническую ценность удобрений.

В сравнении со статическими, центробежными, акустическими и другими грануляторами, используемыми в промышленности, ВВГ обеспечивают:

- повышение агротехнической ценности удобрений;
- высокую надежность в работе;
- получение более конкурентоспособных равномерных гранул;
- устранение налипания в башнях;
- уменьшение пылеобразования;
- интенсификацию теплообмена в башне.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью статьи является обоснование возможности модернизации существующих крупнотоннажных агрегатов по производству аммиачной селитры (АС-60, АС-67 и др.) на основе использования ВВГ в качестве устройств для создания монодисперсных гранул.

ВВГ позволяют получить прочные монодисперсные гранулы с гладкой глянцевой поверхностью (степень монодисперсности до 99 %), что обуславливает возможность интенсификации процесса грануляции и существенно повышает агротехническую ценность удобрений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Статические акустические грануляторы конструкции НИИХИММАШ обеспечивают получение продукта следующего гранулометрического состава: фракция гранул менее 1,0 мм – 0,7-1,1 %, фракция гранул 2,0-4,0 мм – 80-90 %, размер гранул основной фракции - 2,1-3,5 мм. Такой разброс диаметра гранул приводит к повышению тепловой нагрузки на башню и температура гранул перед охладителем типа «КС» составляет более 110 °С при температуре воздуха 15-25 °С и плава 174-185 °С. Содержание пыли в отходящем из башни воздухе составляет 180-250 мг/м³.

Недостатком акустических грануляторов конструкции НИИХИММАШ является то, что вибрационная система этих грануляторов рассчитана для работы на строго определенной нагрузке по плаву. Изменения расхода плава влекут за собой отказ в работе вибросистемы, что приводит к самопроизвольному распаду струй. Кроме того, изменения расхода плава является причиной работы вибрационной системы в нестабильном режиме, несовпадения частотных характеристик вибрационной системы со скоростью истечения плава из отверстий, что ухудшает качество продукта. К преимуществам этих грануляторов можно отнести простоту в обслуживании, небольшой вес, наличие резервных грануляторов, что сокращает потери продукции при замене гранулятора.

Принцип работы ВВГ для получения гранулированных минеральных удобрений из их плава основан на свойстве струй жидкости дробиться на капли одинакового размера, если на ее поверхности созданы регулярные возмущения (волны) на одинаковом расстоянии друг от друга.

В массе плава, который заполняет ВВГ, распространяются упругие волны. Достигая отверстий истечения, они периодически изменяют скорость истечения плава, создавая возмущения на поверхности струй в виде перетяжек. В местах перетяжек силами поверхностного натяжения струи плава дробятся на капли строго одинакового размера, которые, падая в полости грануляционной башни навстречу потоку холодного воздуха, затвердевают в сферические гранулы.

Вращение ВВГ способствует рассредоточению гранул по различным траекториям, благодаря чему улучшаются условия теплообмена в грануляционной башне, а также повышается монодисперсность получаемого продукта.

В зависимости от требуемого диаметра факела, форма перфорированного днища корзины может быть сферической или тороидальной (чашеобразной).

ВВГ прост по конструкции и в обслуживании, надежен в работе, долговечен, имеет длительный пробег между профилактическими осмотрами.

При соблюдении условий эксплуатации ВВГ обеспечивает получение требуемого гранулометрического состава.

ВВГ (рис. 1) состоит из корзины с перфорированным днищем 1, распределителя 2, штока 3 с излучателем, полого вала 4, подшипникового узла 5.

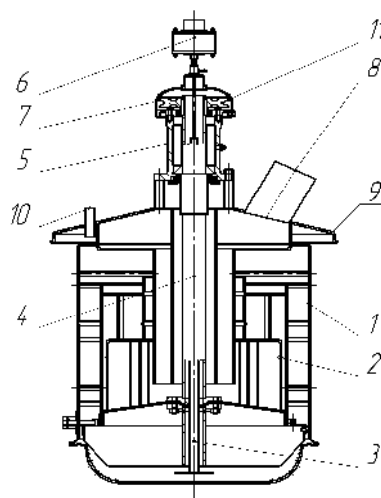
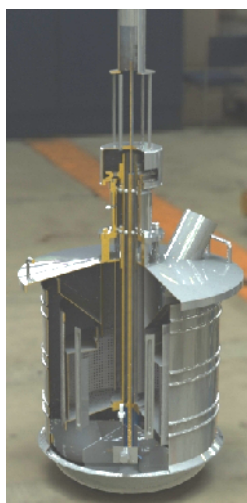


Рисунок 1 – Схема ВВГ

Вибратор 6 установлен в верхней части гранулятора и соединен со штоком 3. Металлический колпак 7 закреплен на подшипниковом узле 5. Подшипниковый узел 5 установлен на крышке 9, имеющей патрубки 8 и 10 соответственно для ввода плава и подачи пара перед пуском и остановкой гранулятора. Шкив 11 служит для передачи вращения вала 4 от мотор-редуктора (система привода не показана). В прогретый паром ВВГ по патрубку 8 подается очищенный в фильтре плав, который проходит распределитель 2 и поступает к отверстиям корзины 1, откуда истекает в виде ламинарных струй в объем грануляционной башни.

Виброколебания от вибратора 6 передаются через шток 3 с излучателем в плав, находящийся в корзине 1, и на струи, способствуя их дроблению на равномерные капли.

ВВГ обеспечивают получение продукта следующего гранулометрического состава: фракция гранул менее 1,0 мм – 0,5-0,71 %,

фракция гранул 2,0-4,0 мм более 88 %, при этом доля гранул фракции 2,0-2,5 мм – не менее 55 %, размер гранул основной фракции – 2,1-3,2 мм. Содержание пыли в отходящем из башни воздухе составляет 100-180 мг/м³. К преимуществам этих грануляторов можно отнести: простоту в обслуживании, более высокую, по сравнению со статическими акустическими грануляторами конструкции НИИХИММАШ, монодисперсность получаемого продукта, стабильную работу вибрационной системы. Недостатком вращающихся вибрационных грануляторов типа ВВГ является отсутствие установленных в башне резервных грануляторов, а также большой вес.

Значительный диапазон диаметров гранул приводит к разному времени, которое необходимо для их охлаждения. Так как высота башни имеет фиксированный показатель, то и время охлаждения гранул при падении для каждой башни имеет фиксированное значение. Все это приводит к увеличению тепловой нагрузки на грануляционную башню, вызывает налипание гранул на внутренние поверхности башни, их комкование и, как следствие, потери продукции. Кроме этого, большие гранулы азотных удобрений разрушаются при падении в охладитель типа «КС», что приводит к уменьшению эффективности работы этого оборудования и образованию пыли. Таким образом, появляется необходимость дополнительных затрат на отделение пыли от товарной фракции, улавливание и переработку этого некондиционного продукта. При этом возникают потери продукции с пылью, которая выбрасывается из башни с охлаждающим воздухом, что приводит к экологическому загрязнению окружающей среды. Потери продукции на предприятиях составляют 0,4-2,0 % от получения некондиционных гранул и до 2 % – с пылью.

Исходя из этого, был проведен комплекс научно-исследовательских работ по оптимизации гидродинамики потока плава внутри гранулятора и истечения его из отверстий перфорированного днища корзины, с целью повышения монодисперсности получаемых капель. Разработанный модифицированный вращающийся вибрационный гранулятор плава типа ВВГ прошел испытание в промышленных условиях на агрегатах производства аммиачной селитры АС-60 (Химкомбинат им. Октябрьской революции, г. Нуевитас, Куба; ПАО «Концерн Стирол», г. Горловка, Украина), который имел характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики агрегата АС-60

Пор. номер	Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
1	Рабочая производительность башни	т/ч	25-37
2	Допустимые пульсации производительности плава	% /сек	±5
3	Размеры башни:		
	– диаметр	м	16
	– высота полета гранул	м	31
4	Максимальная температура воздуха на входе в башню	°С	45
5	Расход воздуха через башню суммарный;	нм ³ /ч	240000-320000
6	Диаметр охладителя типа «кипящего слоя»	м	4,5
7	Механизм разгрузки продукта из башни		транспортёр
8	Характеристика плава:		
	– температура	°С	174-180
	– концентрация плава	%	99, 5-99,7
	– наличие твердых включений размером больше 0,4 мм	%	отсутствуют
9	Содержание добавки (согласно ГОСТ 2081-92):	%	0, 1-1,2

Испытания проводились в соответствии с методикой и программой испытаний грануляторов типа ВВГ. Изменяемыми параметрами были: скорость вращения гранулятора, частота вибрации, нагрузка по плаву селитры. Определяемыми параметрами были: гранулометрический состав продукта, прочность гранул, диаметр факела распыла гранул в башне, температура гранул на выходе из башни. Гранулометрический состав аммиачной селитры и прочность гранул определялись в соответствии с ГОСТ 2-85 изменение 2.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Модифицированный вращающийся вибрационный гранулятор типа ВВГ обеспечил получение продукта следующего гранулометрического состава: фракция гранул менее 1,0 мм – 0,02-0,2%, фракция гранул 2,0-4,0 мм – более 96 %, при этом доля гранул фракции 2,0-2,5 мм – не менее 88%, размер гранул основной фракции – 2,1-2,5 мм. Кроме того, при изменении частоты вибрации гранулятор обеспечивал получение продукта с основной фракцией гранул 2,5-3,0 мм более 65 %, при одновременном повышении прочности гранул основной фракции.

Гранулометрический состав продукта, получаемый на акустических грануляторах конструкции НИИХИММАШ, обычном и модифицированном ВВГ, приведен на рисунке 2.

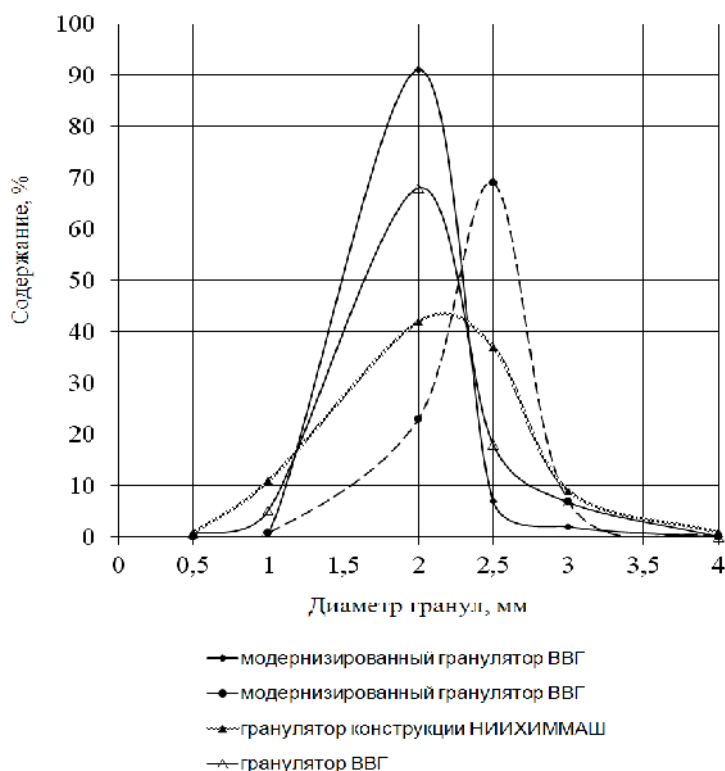


Рисунок 2 – Фракционный состав гранул аммиачной селитры

При испытании модифицированного вращающегося вибрационного гранулятора типа ВВГ было отмечено значительное сокращение содержания пыли аммиачной селитры в воздухе, который отводится из башни. Этот показатель составлял по осевым вентиляторам от 22 до 48 мг/м³, при средних значениях 22 до 38 мг/м³. Отключение

вибрационной системы приводило к увеличению содержания пыли удобрения в воздухе в 1,5 раза.

Сравнительные данные по содержанию пыли аммиачной селитры в воздухе, который отводится из башни, при работе модифицированного вращающегося вибрационного гранулятора типа ВВГ, вращающегося вибрационного гранулятора типа ВВГ и акустического гранулятора конструкции НИИХИММАШ приведены на рисунке 3.

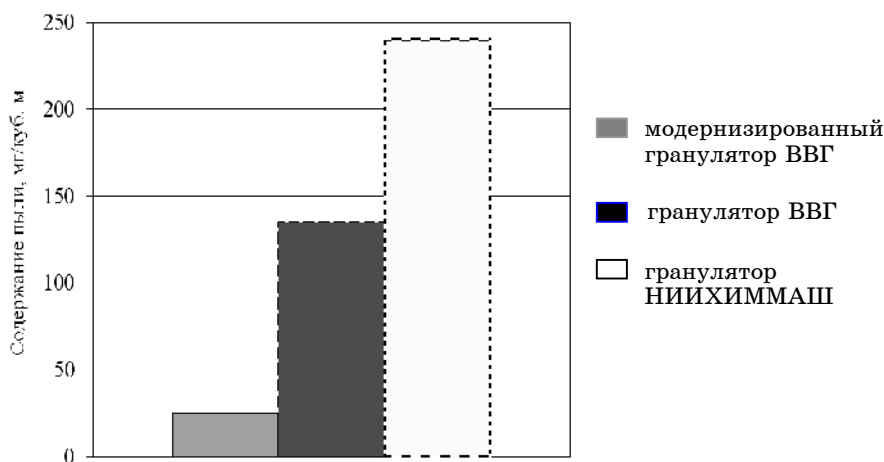


Рисунок 3 – Содержание пыли в отходящем из башни воздухе

Одним из важных этапов проектирования ВВГ монтажная проработка узла грануляции плава с помощью современных САД-систем; это мероприятие позволяет провести рациональную компоновку оборудования перед его монтажом на действующей грануляционной башне. В качестве примера на рисунке 4 приведена компоновка ВВГ в грануляционной башне агрегата АС-72М.

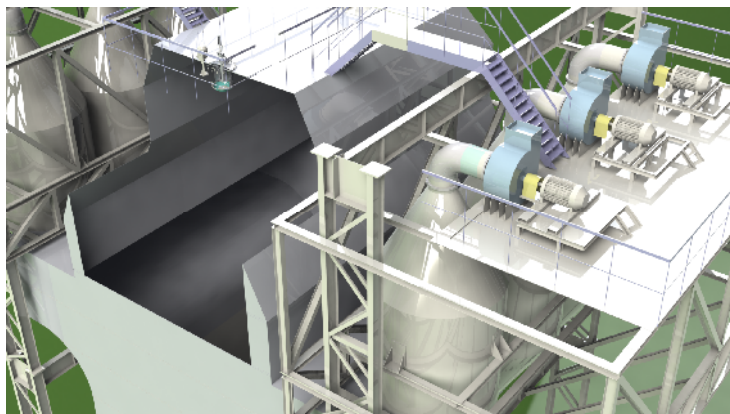


Рисунок 4 – Компоновка ВВГ в грануляционной башне агрегата АС-72М

ВЫВОДЫ

Как видно из приведенных графических зависимостей, применение модернизированного гранулятора типа ВВГ дает возможность получать монодисперсные гранулы размером 2-3 мм не менее 90 % и фракции менее 1 мм не более 0,5 %. Кроме того, применение более эффективной и

гибкой системы наложения вибраций позволяет получать не менее 90 % гранул фракции в диапазоне 2,0-2,5 мм, или не менее 80 % гранул фракции 2,5-3,5 мм в продукте, при содержании частиц фракции менее 2,0 мм – 0, 8-3,0 %.

Все это дает возможность улучшить качество получаемых азотных удобрений, уменьшить потери продукции, снизить энергоемкость существующих производств азотных удобрений и загрязнение окружающей среды. Приблизительный экономический эффект от грануляционного оборудования за счет снижения потерь продукта с пылью составляет свыше 180 тыс. дол. США в год для агрегата АС-60. Кроме этого, экономический эффект от уменьшения загрязнения окружающей среды – около 1 млн грн в год.

ANALYSIS OF INDUSTRIAL IMPLEMENTATION OF THE ROTATING VIBRATION MELT GRANULATORS IN AMMONIUM NITRATE PRODUCTION UNITS

*A. E. Artyukhov, N. P. Kononenko,
Sumy State University,
2 R.-Korsakov Str., 40007 Sumy, Ukraine,
E-mail: pohnp@yandex.ru*

The comparative characteristics of different types granulators for tower granulation is presented. The basic advantages of rotating vibration melt granulators are identified. The industrial tests results of rotating vibration melt granulators in Ukrainian and foreign industry are submitted.

Key words: rotating vibration melt granulator, granulation tower, quality, ammonium nitrate

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОМИСЛОВОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ОБЕРТОВИХ ВІБРАЦІЙНИХ ГРАНУЛЯТОРІВ ПЛАВУ В АГРЕГАТАХ ОДЕРЖАННЯ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

*A. Є. Артюхов, М. П. Кононенко,
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна,
E-mail: pohnp@yandex.ru*

Наведено порівняльну характеристику грануляторів різних типів для баштового гранулювання. Виділено основні переваги обертових вібраційних грануляторів плаву. Представлено результати промислових випробувань вібраційних грануляторів плаву на українських і зарубіжних підприємствах.

Ключові слова: обертовий вібраційний гранулятор плава, грануляційна башта, якість, аміачна селітра

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Казакова Е. А. Гранулирование и охлаждение азотсодержащих удобрений / Е. А. Казакова. – М. : Химия, 1980. – 288 с.
2. Казакова Е. А. Гранулирование и охлаждение в аппаратах с кипящим слоем / Е. А. Казакова. – М. : Химия, 1973. – 152 с.
3. Производство аммиачной селитры в аппаратах большой единичной мощности / Иванов М. Е., Поляков Н. Н., Поплавский В. Ю. и др.; ред. В. М. Олевского. – М. : Химия, 1990. – 288 с.
4. Холин Б. Г. Центробежные и вибрационные грануляторы плавов и распылители жидкости / Б. Г. Холин. – М. : Машиностроение, 1977. – 182 с.

Поступила в редакцию 29 марта 2013 г.