

2. Светлов Ю.В. Интенсификация гидродинамических и тепловых процессов в аппаратах с турбулизаторами потока. Теория, эксперимент, методы расчета. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 304 с.

3. Лаптев А.Г., Фарахов М.И., Минеев Н.Г. Повышение эффективности ректификационных колонн в производстве этаноламинов // Химическая промышленность. – 2007. – № 7. – С. 354-360.

4. Дзюбенко Б.В., Кузма-Кичта Ю.А., Холпанов Л.П. и др. Интенсификация тепло-и массообмена в энергетических установках. – М.:ФГУП ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2003. –с.232.

5. Нуриллаева А.А., Мавланов Э.Т., Нурмухамедов Х.С. и др. Интенсификация конвективного теплообмена в трубчато-решетчатых насадках ректификационных колонн // Химическая технология. Контроль и управления, 2024. - №5 - 6. - С. 62 - 67.

УДК 536.24

**Ж.В. Султонов¹, Т.Э. Ташбаев¹, С.Х. Нурмухамедов¹,
Е.Г. Федарович², Г.Н. Хакимова¹**

¹Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан

²Беларусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

К ВОПРОСУ КОМПАКТИРОВАНИЯ ОКОМКОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НИЗКИХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЯХ РАБОЧЕГО ВАЛА ТУРБОЛОПАСТНОГО ГРАНУЛЯТОРА

***Аннотация.** Статья рассматривает компактирование окомковатых материалов на турболопастном грануляторе при низких угловых скоростях вала. Раскрываются экологические и технологические аспекты утилизации твердых отходов фосфогипса и гранулирования минералов для повышения качества гранул. Представлена экспериментальная установка и методика: градация частиц, скорость вала, высота зон измельчения и грануляции, связь параметров грануляции с прочностью гранул. Сформулирован вывод влияния геометрии на устойчивость гранул и экологическую нагрузку.*

**Zh.V. Sultonov¹, T.E. Tashbayev¹, S.Kh. Nurmukhamedov¹,
E.G. Fedarovich², G.N. Khakimova¹**

¹Tashkent Chemical-Technological Institute
Tashkent, Uzbekistan

²Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

ON THE ISSUE OF COMPACTION OF PELLETIZED MATERIALS AT LOW ANGULAR VELOCITIES OF THE WORKING SHAFT OF A TURBOPROP GRANULATOR

***Abstract.** The article considers the compaction of lumpy materials on a turbopolar granulator at low angular velocities of the shaft. The ecological and technological aspects of the disposal of phosphogypsum solid waste and mineral granulation to improve the quality of granules are disclosed. An experimental setup and methodology are presented: particle gradation, shaft velocity, height of the grinding and granulation zones, relationship of granulation parameters with the strength of granules. The conclusion of the influence of geometry on the stability of granules and environmental stress is formulated.*

Комплексное развитие предприятий химической промышленности отнесено к приоритетным общегосударственным задачам современного этапа развития экономики.

Для реализации выше поставленных задач, а именно, разработка энергосберегающих технологий является одной из важных задач в повышении качества выпускаемой методом компактирования сыпучих материалов, доведения до мировых стандартов и снижения себестоимости, внедрения энергосберегающих технологий в местные предприятия химической промышленности.

В настоящее время во всем мире промышленные предприятия оказывают значительное антропогенное воздействие на окружающую среду и в связи с этим становится актуальным изыскание оптимальных и экономичных способов очистки и нейтрализации промышленных выбросов независимо от их агрегатного состояния. Масштабная добыча и переработка фосфоритных, сильвинитовых и других руд оказывают серьезное негативное воздействие на экосистему района, что проявляется прежде всего в оседании земной поверхности над отработанными подземными выработками и отчуждении больших площадей плодородных земель для хранения отходов предприятий.

Наша страна является одним из основных производителей минеральных удобрений в центральной Азии, в частности, аммиачной селитры, аммофоса, карбамида, NPK, калийных удобрений, простого и обогащенного суперфосфата, а также кальцинированной соды и т.д. Кроме того, при переработке различных руд образуется большое количество твердых отходов, которые образуют многомиллионные отвалы, занимая огромные посевные площади. Естественно, эти отходы требуют обеззараживания или в крайнем случае нейтрализацию вредных веществ и последующую грануляцию для придания товарного вида готового продукта.

На предприятии АО «Аммофос-Махам» выпускается фосфор содержащее удобрение-аммофос, при производстве которого образуется твердый отход-фосфогипс. В данный момент он складировается в отвалах, занимая большие посевные площади и в промышленном масштабе не используется, хотя в его составе имеются целый ряд полезных микроэлементов: оксиды магния, фосфора, калия, кальция, титана, а также множество редкоземельных химических элементов [1, 2].

Общеизвестно, что все минеральные и комплексные удобрения производятся в виде гранул, согласно требований мирового рынка и специалистов аграрного сектора. В настоящее время в аграрном секторе востребованы удобрения и мелиоранты в виде гранул содержащие и органические, и неорганические удобрения. Иными словами, в каждой грануле должно быть максимальное количество питательных компонентов. Изменяя соотношение полезных компонентов в составе гранулы можно расширить количество возделываемых технических и других культур.

В целях улучшения качества и его прочности гранул KCl, а также снижения слеживаемости продукта предложено применить водный раствор включающий кальцинированную соду, оксид магния и серу [3]. Экспериментальными исследованиями установлено, что предлагаемая композиция суспензии на основе Na_2CO_3 существенная эффективна относительно других суспензий. Так, например, прочность увеличилась в 1.2 раза, а гигроскопичность снизилась в 5 и более раз.

Известна также работа, где для получения гранул мелкодисперсной фракции KCl в качестве связующей суспензии использован водный раствор лигносульфоната [4].

Наиболее часто используемые в многотоннажном производствах способами грануляции являются [5]: химическая грануляция; паровая грануляция; компактирование; балк-блендинг.

Первые три способа более известные, а вот четвертый широко применяется в США. Сущность способа «Bulk Bleuding» в том, что готовые минеральные удобрения смешивают непосредственно на посевных площадях и тут же вносят в почву.

В БГТУ (Белорусь) проведены исследования по определению химизма при создания комплексных удобрений на основе фосфорсодержащих систем при наличии KCl и вводить в суспензию фосфорсодержащих систем до загрузки в барабанный гранулятор [5].

Полученные гранул комплексного удобрения высушивают до требований стандарта. Причем, прочность подобных гранул составляет 2,5-2,8 МПа и гигроскопичность не велика. Кроме того, растворимость

полученных гранул комплексного удобрения очень низка, что придает им свойства удобрения пролонгированного действия по калию.

Поэтому, экспериментальное изучение и создание новых способов и аппаратов, обеспечивающие улучшение гранулометрического состава и товарного вида является актуальной проблемой [1]. Экспериментальная установка состоит из электропривода постоянного тока, горизонтального гранулятора с цилиндрическим корпусом и вращающимся рабочим валом, а также системы распыления связующей суспензии. Рабочий вал разбит на зоны измельчение, грануляция и снабжен стержнями, т.е. оба процесса осуществляются в одном аппарате. Причем, в зоне грануляции стержни цилиндрические с круглым поперечным сечением, а в зоне измельчения стержни остроконечные. Конструкция аппарата спроектирована таким образом, что вал осуществляет и вращательное, и возвратно-поступательное движение. Опыты проведены при числах оборота рабочего вала $n=600-1400$ об/мин., возвратно-поступательное движение в пределах 10-30 мм, шаг стержней в зоне измельчения $t_{изм}/d=0,8$, в зоне грануляции $t_{гр}/d=1,6$. Первичная и последующая обработка опытных данных произведена на основе общеизвестных методик [1].

Фосфогипс от АО «Аммофос-Махам» многофракционный (8 фракций) и имеет частицы от 0,001 до 5,0 мм (рис.1а).

На рис.1б, приведен гранулометрический состав фосфогипса, полученный путем введения в смесь 3% кальцинированной соды, 2,5% КМЦ и поверхностно-активное вещество (гидрогель).

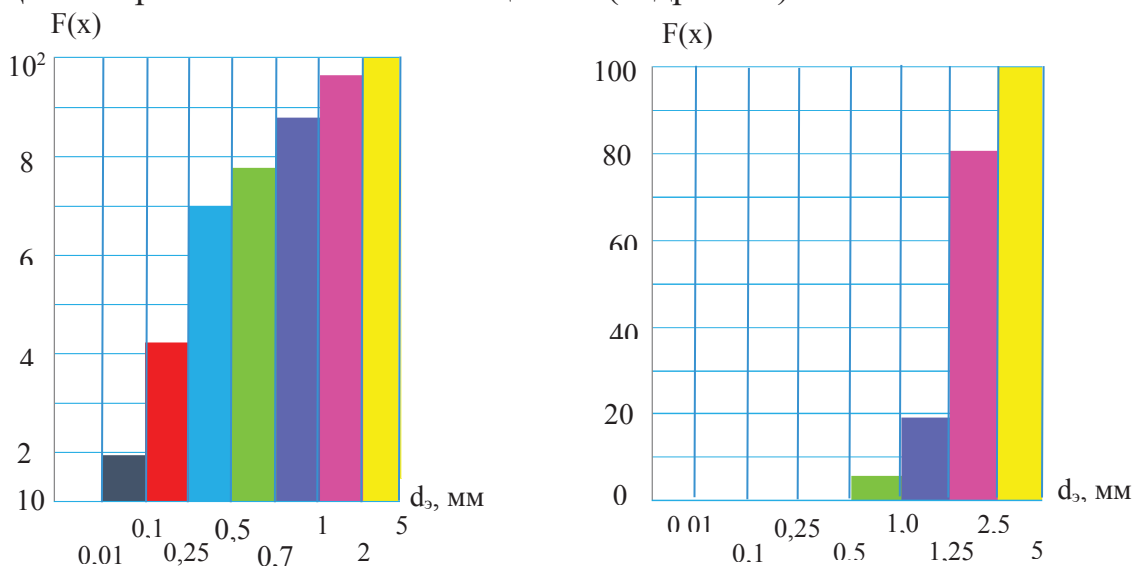


Рис.1- Фракционный состав гранул фосфогипса при компактировании в аппарате с турбулизированным слоем.

а-исходный; б-с 3%-ной кальцинированной соды.

Сопоставительный анализ показывает, что в исходном фосфогипсе товарная фракция всего 12%. Процесс гранулирования осуществлен при вращении рабочего вала 1020 об/мин. Гранулы, полученные с добавлением ПАВ, кальцинированной соды и при участии связующей суспензии из КМЦ имеют всего 4 фракции. Сушка влажных гранул произведена при температуре окружающей среды 40°C. Причем, эквивалентный диаметр гранул колеблется в интервале от 0,5 до 5 мм, а товарная фракция составила 94,5%.

На рис.2 иллюстрируются результаты по исследованию прочности полученных гранул в зависимости от эквивалентного диаметра.

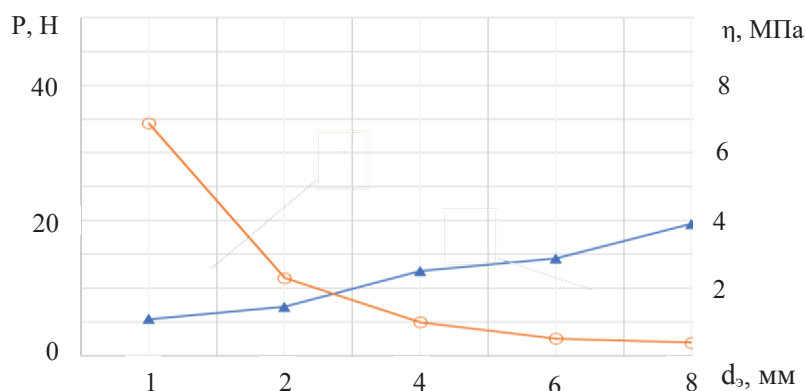


Рис.2- Зависимость прочности гранул от эквивалентного диаметра частиц. ○ - $P=f(d_{э})$; ▲ – $\eta= f(d_{э})$

В заключении следует подчеркнуть, что при относительно низком шаге размещения стержней и оборотах вращения рабочего вала, получены частицы с высоким гранулометрическим составом и достаточно высокой прочностью гранул. Ликвидация мелкодисперсной фракции сыпучего материала улучшает экологическую обстановку на предприятии и близлежащих районах.

Список использованных источников

1. Аннаев Н.А., Ташбаев Т.Э., Нурмухамедов Х.С. и др. Гранулирование – дизайн твердых частиц. – Т.: ТХТИ, 2023.- 210 с.
2. Муравьев Е.И., Белюченко И. Свойства фосфогипса и возможность его использования в сельском хозяйстве // Экологический вестник северного Кавказа, 2008.- т.4.- №2.- С. 5-17.
3. Потапов И.С., Пойлов В.З. Улучшение товарных характеристик гранулированного КС1 // Химия. Экология. 2021. -т.4. -С.67-70.

4. Черепанова М.В., Лановецкий С.В. Оценка параметров гранулирования пылевидной фракции хлорида калия в присутствии добавки лигносульфоната // Изв.ВУЗов «Химия и химическая технология», 2022.- т.65.-вып. №6.-с.88-96.

5. Дормешкин О.Б. Особенности химических превращений протекающих на стадии гранулирования и сушки комплексных удобрений в присутствии KCl // Минск: Тр.БГТУ, 2016.- №3.- С.54–59.

УДК 536.24

**С.У. Ганиева¹, А.Э. Левданский², А.М. Нурмухамедов¹,
Х.С. Нурмухамедов¹, Н.Ш. Худойбердиева¹**

¹Ташкентский химико-технологический институт
Ташкент, Узбекистан

²Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ВИХРЕВОГО СКРУББЕРА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВВОДОМ ФАЗ

***Аннотация.** Статья представляет обзор экспериментальных данных по гидравлическому сопротивлению вихревого скруббера с параллельным вводом фаз при очистке газожидкостных систем от твердой фазы (меловая пыль ~63 мкм). Анализируются задачи мокрой очистки: эффективность разделения, простота и компактность аппаратов, влияние свойств фаз на результаты. Показано влияние высоты входной зоны и центробежной силы на разделение; параллельный ввод через один штуцер экономит водную фазу.*

**S.U. Ganiyeva¹, A.E. Levdansky², A.M. Nurmukhamedov¹,
Kh.S. Nurmukhamedov¹, N.Sh. Khudoiberdiyeva¹**

¹Tashkent Chemical-Technological Institute
Tashkent, Uzbekistan

²Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

GENERALIZATION OF EXPERIMENTAL DATA ON THE HYDRAULIC RESISTANCE OF A VORTEX SCRUBBER WITH PARALLEL PHASE INPUT

***Abstract.** The article presents an overview of experimental data on the hydraulic resistance of a vortex scrubber with parallel phase insertion during the purification of*