

# ГЕОТЕХНІЧНА І ГІРНИЧА МЕХАНІКА, МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 66.099.2-936.43.001.57

А.Е. Артюхов, канд. техн. наук, доц.,  
В.И. Склабинский, д-р техн. наук, проф.

Сумский государственный университет, г. Сумы, Украина,  
e-mail: artemijar@yandex.ru

## ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОЙ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ В ВИХРЕВЫХ ГРАНУЛЯТОРАХ

A.Ye. Artyukhov, Cand. Sci. (Tech.), Associate  
Professor  
V.I. Sklabinskiy, Dr. Sci. (Tech.), Professor,

Sumy State University, Sumy, Ukraine,  
e-mail: artemijar@yandex.ru

## EXPERIMENTAL AND INDUSTRIAL IMPLEMENTATION OF POROUS AMMONIUM NITRATE PRODUCING PROCESS IN VORTEX GRANULATORS

**Цель.** Обоснование возможности создания современного высокоэффективного и экономичного производства пористой аммиачной селитры с применением малогабаритных аппаратов с интенсивной гидродинамикой.

**Методика.** Результаты, представленные в статье, получены путём экспериментальных исследований опытно-промышленного образца вихревого гранулятора взвешенного слоя для установления влияния гидродинамического и термодинамического режимов его работы на качество гранул пористой аммиачной селитры. Определение погрешности измерения исследуемых в работе параметров базируется на общепринятых методиках и рекомендациях относительно проведения инженерного эксперимента и обработки статистических данных.

**Результаты.** Получены оптимальные гидродинамические и термодинамические параметры процесса образования пористого поверхностного слоя на гранулах рядовой аммиачной селитры в аппаратах вихревого типа. Показано, что при использовании вихревых грануляторов возможно уменьшение числа циклов термообработки, понижение температуры сушильного агента и сохранение первоначальной пузырьковой структуры ядра гранулы.

**Научная новизна.** Впервые получены результаты, подтверждающие, что процесс образования пористой аммиачной селитры можно проводить в вихревом потоке сушильного агента высокой интенсивности. Доказано, что комбинация методов увлажнения и термообработки гранул рядовой аммиачной селитры в вихревом взвешенном слое позволяет получить продукт с высокими показателями поглотительной и удерживающей способности, а также прочности.

**Практическая значимость.** Представленные результаты эксперимента совместно с проведёнными ранее теоретическими исследованиями в области гидродинамики движения потоков и термодинамики образования пористой структуры гранул в вихревых аппаратах положены в основу разработки методики инженерного расчёта оборудования данного типа. На основании полученных результатов разработаны новые способы получения гранул пористой структуры и устройства для их осуществления, защищённые охранными документами.

**Ключевые слова:** пористая аммиачная селитра, показатели качества, вихревой гранулятор, промышленный образец

**Введение.** Необходимым компонентом простейших промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) является аммиачная селитра, которая произведена для нужд аграрной промышленности (рядовая аммиачная селитра). В смеси с дизельным топливом она является достаточно эффективным и сравнительно дешёвым ПВВ, которое нашло широкое распространение при проведении

взрывных работ на открытых и подземных разработках. Основным недостатком такого ПВВ, приводящим к снижению его эффективности вплоть до полного отсутствия детонации, является быстрое стекание дизельного топлива с поверхности аммиачной селитры.

Одновременно с этим в последние годы острыми становятся проблемы обеспечения экологической безопасности производства ПВВ и проведения взрывных работ. Удовлетворение современным экологическим,

технологическим и экономическим требованиям к ПВВ, изготавливаемым на основе рядовой аммиачной селитры, является крайне сложной, а подчас и невыполнимой задачей. Кроме того, рядовая аммиачная селитра в дальнейшем будет известковаться для снижения содержания азота и уменьшения взрывчатых свойств согласно директиве Совета Европы.

В мировой практике сыпучие ПВВ изготавливаются, в основном, с применением специальной пористой аммиачной селитры (ПАС). Сыпучие ПВВ широко внедряются во взрывные работы взамен более опасных и дорогих тротилсодержащих. ПАС обеспечивает более полное протекание химических реакций в процессе взрыва благодаря большей (по сравнению с рядовой аммиачной селитрой) поверхности контакта с дизельным топливом. ПАС также является основой эмульсионных ПВВ.

В настоящее время процесс внедрения ПАС при производстве взрывных работ лимитируется отсутствием на Украине собственного её производства (до 80% ПАС приобретается в России).

**Целью** представленной работы является обоснование возможности создания современного высокоэффективного и экономичного производства ПАС с применением малогабаритных аппаратов с интенсивной гидродинамикой.

**Анализ последних публикаций.** В настоящее время проводится поиск новых способов получения ПАС для нужд горнодобывающей промышленности.

Получение ПАС осуществляется следующими методами [1, 2]:

1. Гранулирование расплава в грануляционных башнях с добавлением порообразующих и модификационных добавок.

2. Термообработка гранул.

3. Увлажнение и высушивание гранул.

Основным показателем качества ПАС является поглотительная и удерживающая способности по отношению к дизельному топливу. Каждый из отмеченных способов обеспечивает необходимое значение этих показателей, при этом улучшаются экологические показатели производства (метод 1), происходит потеря прочности гранул (метод 2), усложняется схема производства (метод 3).

Перспективным методом получения ПАС является комбинирование метода термообработки и увлажнения гранул в малогабаритных вихревых грануляторах [3, 4].

**Постановка задачи.** Основная задача работы – исследование влияния технологических параметров работы вихревого гранулятора на качество ПАС и разработка новых способов получения пористой поверхности гранул в вихревом взвешенном слое.

Определение гидродинамических и термодинамических условий формирования гранул пористой структуры позволяет проводить оптимизационный расчет аппаратуры вихревого типа, предложить различные конфигурации корпуса вихревого гранулятора, которые позволяют обеспечить необходимое время пребывания гранулы до полного завершения процесса образования на ней пористого поверхностного слоя.

Для решения поставленной задачи необходимо провести следующие исследования:

- оценка влияния на качество гранул гидродинамического режима работы вихревого гранулятора;
- оценка влияния на качество гранул термодинамических условий осуществления процесса;
- поиск оптимального способа получения ПАС и конструктивного оформления устройства для его осуществления;
- получение опытного образца ПАС в вихревом грануляторе.

Работа выполнена в рамках фундаментальных научно-исследовательских работ Министерства образования и науки Украины „Исследование вихревых грануляционных и массотеплообменных устройств“ (№0106U013012), „Исследование гидродинамических и массотеплообменных характеристик устройств с вихревыми и высокотурбулизированными одно- и двухфазными потоками“ (№0110U002632) и научно-исследовательских работ по теме № 82.05.09.07/п1 „Отработка технологических и конструктивных параметров узла создания пористых гранул и выдача исходных данных для проектирования установки получения ПАС“ (заказчик – ЗАО „Экспериментально-промышленная технология взрывных работ“ (ЗАО „Техновзрыв“), г. Киев).

**Материалы исследований.** На базе научно-исследовательской лаборатории кафедры „Процессы и оборудование химических и нефтеперерабатывающих производств“ Сумского государственного университета сконструирован опытно-промышленный образец вихревого гранулятора взвешенного слоя для проведения экспериментальных исследований условий получения ПАС (рис. 1).



Рис. 1. Опытно-промышленный образец вихревого гранулятора взвешенного слоя

Гидродинамические условия движения сплошной и дисперсной фаз в рабочем пространстве вихревого гранулятора детально описаны в работе [5], модель процесса удаления влаги с гранулы с целью образования пористого поверхностного слоя – в работах [6, 7].

На всех этапах эксперимента конечное значение содержания воды в гранулах ПАС составляло не более 0,4%.

Влияние гидродинамического режима работы вихревого гранулятора на качество гранул.

В ходе обработки результатов эксперимента получены зависимости, продемонстрированные на рис. 2–6.

Анализ данных рис. 2 показывает, что повышение восходящей скорости сушильного агента в пределах от первой критической и в диапазоне рабочей скорости взвешивания гранул заданной фракции (2–4 мм) существенного влияния на их прочность не оказывает. Значительное снижение прочности гранул наблюдается при приближении значения восходящей скорости ко второй критической скорости, где наблюдается процесс повышенного истирания гранул о стенки аппарата, интенсивного столкновения их друг с другом и уноса из объема аппарата.

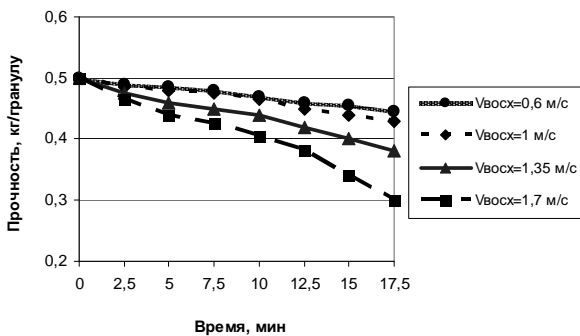


Рис. 2. Влияние восходящей скорости сушильного агента  $V_{восх}$  на прочность гранул (при значении окружной скорости сушильного агента  $V_{окр} = 5,2$  м/с и температуре термообработки  $t = 90^{\circ}\text{C}$ )

Значение окружной скорости сушильного агента оказывает существенное влияние на прочность гранул (рис. 3). По истечении 10–11 минут наблюдается заметное понижение прочности гранул, которое объясняется усилением взаимного влияния горячего сушильного агента и интенсивной закрутки слоя гранул, их дальнейшим истиранием и растрескиванием. При этом после указанного промежутка времени наблюдается значительное уменьшение фракции товарного размера в твёрдой полидисперсной системе (рис. 4).

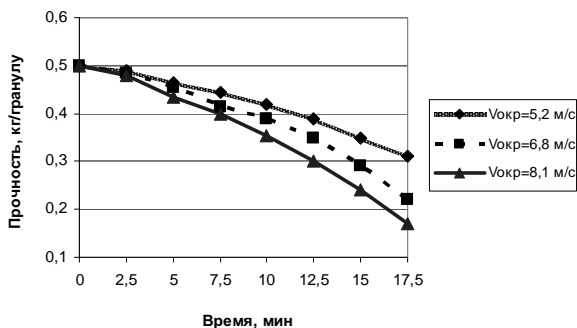


Рис. 3. Влияние окружной скорости сушильного агента  $V_{окр}$  на прочность гранул (при значении восходящей скорости сушильного агента  $V_{восх} = 1$  м/с и температуре термообработки  $t = 90^{\circ}\text{C}$ )

Таким образом, оптимальным временем пребывания гранул в рабочем пространстве вихревого гранулятора следует считать промежуток в пределах 10–12 минут при значении  $V_{восх} = 1$  м/с и  $V_{окр} = 5,2$  м/с.

Оценка влияния гидродинамических параметров на поглотительную способность гранул ПАС (рис. 5) показала, что с увеличением времени их пребывания (при различной степени закрутки сушильного агента) в пределах от 8 до 12 минут наблюдается максимум функции. Это можно объяснить тем, что в указанный промежуток времени на поверхности гранулы заканчивается образование пористого слоя, влажность достигает регламентированного значения, прочность остаётся стабильно высокой. Дальнейшее понижение поглотительной способности связано с частичным разрушением гранул, которое влечёт за собой быстрое стекание дизельного топлива с их поверхности.

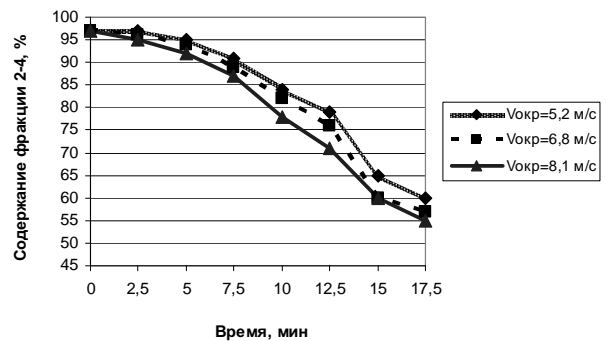


Рис. 4. Влияние окружной скорости сушильного агента  $V_{окр}$  на количество товарной фракции (при значении восходящей скорости сушильного агента  $V_{восх} = 1$  м/с и температуре термообработки  $t = 90^{\circ}\text{C}$ )

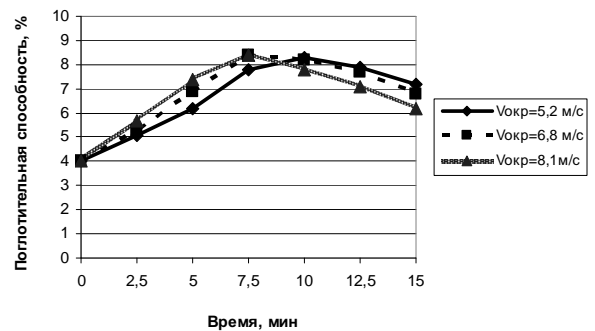


Рис. 5. Влияние окружной скорости сушильного агента  $V_{окр}$  на поглотительную способность гранул (при значении восходящей скорости сушильного агента  $V_{восх} = 1$  м/с и температуре термообработки  $t = 90^{\circ}\text{C}$ )

Монотонное возрастание удерживающей способности гранул по отношению к дизельному топливу во времени (рис. 6) вызвано увеличением поверхности гранул. За время выработки в пределах 10–12 минут на поверхности гранулы образуется пористый слой, дальнейшее увеличение площади контакта фаз происходит за счёт измельчения гранул вследствие их разрушения.

Таким образом, предварительно определённое время пребывания гранул в вихревом грануляторе и гидродинамические характеристики сушильного агента можно принимать в качестве оптимальных.

*Влияние термодинамического режима работы вихревого гранулятора на качество гранул.*

В дальнейшем серия экспериментальных исследований проводилась после принятия полученных гидродинамических характеристик работы вихревого гранулятора в качестве базовых.

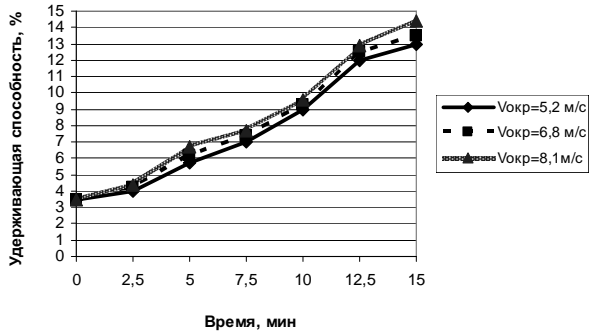


Рис. 6. Влияние окружной скорости сушильного агента  $V_{окр}$  на удерживающую способность гранул (при значении восходящей скорости сушильного агента  $V_{восх} = 1 \text{ м/с}$  и температуре термообработки  $t = 90^\circ\text{C}$ )

В ходе обработки результатов эксперимента получены зависимости, продемонстрированные на рис. 7–10.

Учитывая, что каждый цикл термообработки приводит к разрушению ядра гранул, оптимальным является диапазон температур, при котором аммиачная селитра претерпевает минимальное количество модификационных превращений. В качестве исследуемого принят диапазон температур 80–140°C, в котором располагается область существования модификации II аммиачной селитры (84–124°C). Термообработка при температуре выше 140°C приводит к интенсивному выделению аммиака в атмосферу, при температуре ниже 80°C – к конечному содержанию влаги в гранулах ПАС, выше нормативного показателя.

Монотонное уменьшение количества товарной фракции ПАС при увеличении температуры (рис. 7) объясняется постепенным снижением прочности ядра гранулы с дальнейшим её разрушением под действием интенсивного вихревого потока сушильного агента. По мере приближения в температуре модификационного перехода II-I, прочность гранулы заметно уменьшается (рис. 8), что снижает степень монодисперсности готового продукта.

На поглотительную и удерживающую способности гранул ПАС изменение температуры термообработки оказывает разное влияние (причиной этому является снижение прочности ядра гранулы при повышении температуры термообработки). В исследуемом диапазоне температур прочность гранул изменяется незначительно, что приводит к сохранению постоянного объёма пор на поверхности гранул ПАС, таким

образом, значение их поглотительной способности остаётся неизменным (рис. 9).

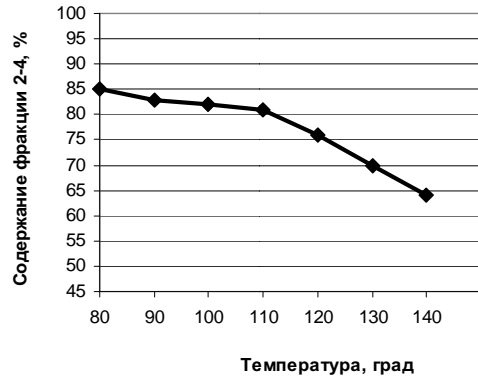


Рис. 7. Влияние температуры термообработки  $t$  на количество товарной фракции (при значении времени пребывания гранул в аппарате 10–12 минут)

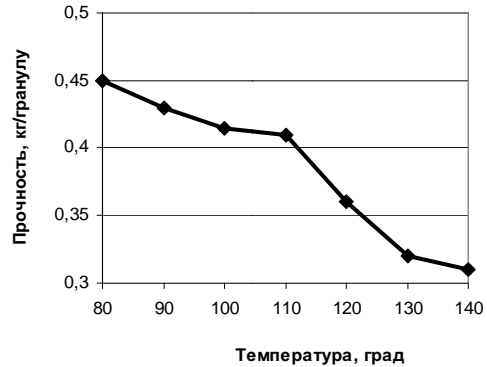


Рис. 8. Влияние температуры термообработки  $t$  на прочность гранул (при значении времени пребывания гранул в аппарате 10–12 минут)

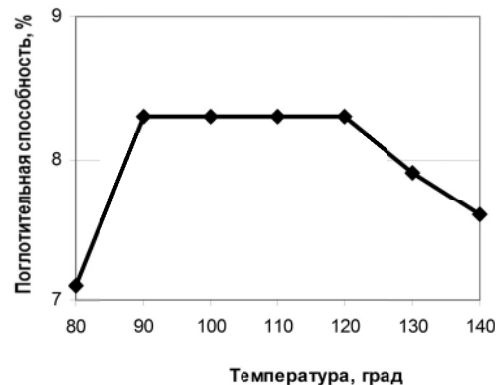


Рис. 9. Влияние температуры термообработки  $t$  на поглотительную способность гранул (при значении времени пребывания гранул в аппарате 10–12 минут)

После прохождения температуры модификационного перехода II-I поглотительная способность гра-

нул снижается вследствие повышения интенсивности их разрушения. Что касается удерживающей способности гранул, то повышение температуры термообработки повышает её значение (рис. 10), т. к. разрушение гранул приводит к увеличению площади их контакта с дизельным топливом.

Таким образом, в качестве оптимальной принимается температура в пределах 90–100°C.

Во всех приведённых выше сериях экспериментальных исследований увлажнение гранул рядовой аммиачной селитры производилось влажным воздухом.

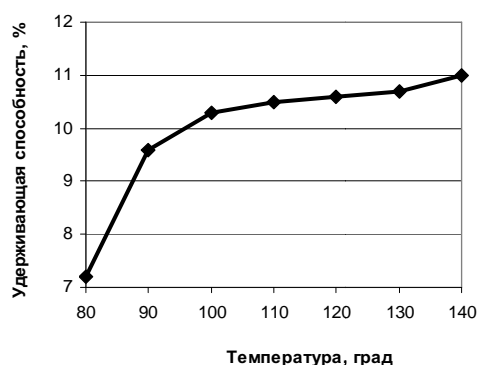


Рис. 10. Влияние температуры термообработки  $t$  на удерживающую способность гранул (при значении времени пребывания гранул в аппарате 10–12 минут)

**Выводы.** Основными дестабилизирующими факторами, отрицательно влияющими на качество ПАС, являются:

- воздействие на гранулу и пленку жидкого материала встречного потока теплоносителя;
- возможность столкновения и агломерации отдельных капель;
- неравномерность времени контакта увлажненного материала с теплоносителем;
- попадание гранулы в зону взвешенного слоя, где отсутствует возможность увлажнения.

Анализ полученных результатов исследования позволил предложить новые способы получения гранул пористой структуры [8], которые позволяют уменьшить влияние дестабилизирующих факторов на формирование пористого поверхностного слоя. В основу разработанных усовершенствованных способов положен процесс увлажнения гранулы заданным количеством влаги перед поступлением в вихревой взвешенный слой и началом контакта с вихревым высокотемпературным потоком теплоносителя (рис. 11). Такое решение обеспечивает одновременность протекания процесса сушки и порообразования, способствует уменьшению времени пребывания гранулы во взвешенном слое до минимально необходимого и, как следствие, повышению прочности гранул без разрушения внутренней кристаллической структуры.

При наличии в конструкции гранулятора элемента для увлажнения гранул перед их поступлением в рабочую камеру с помощью последнего создаются условия для равномерного нанесения жидкого материала на поверхность гранул.

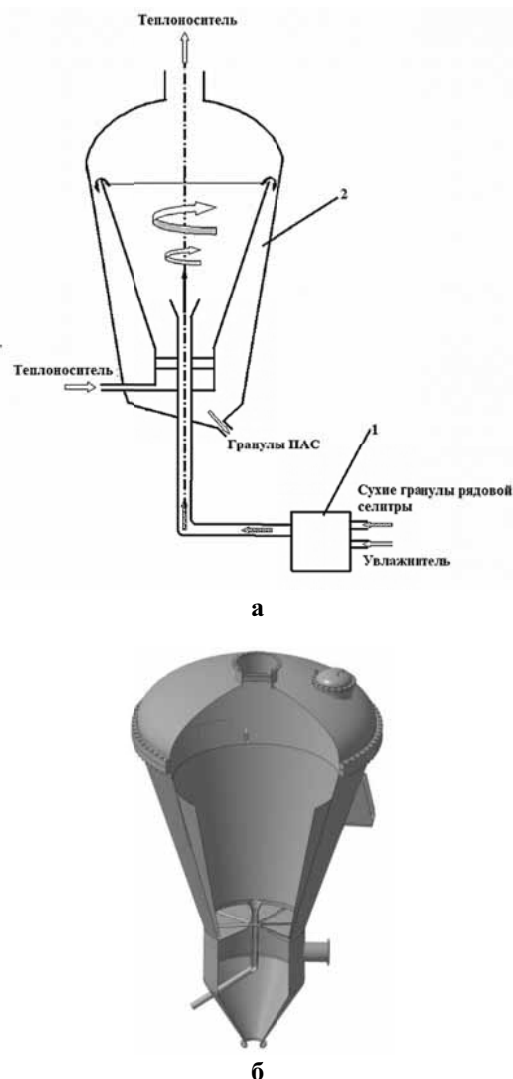


Рис. 11. Вихревой гранулятор для получения ПАС с предварительным увлажнением гранул: а – принципиальная схема; б – модель; 1 – бункер для увлажнения гранул; 2 – вихревой гранулятор

В результате проведения сравнительного анализа качественных показателей полученной в вихревом грануляторе ПАС с российским её аналогом можно сделать следующие выводы:

- поглотительная способность по дизельному топливу ПАС, полученной в вихревом грануляторе, колеблется в пределах 8,3% (российский аналог – 8,2%) при нормативном значении показателя не менее 8%;
- удерживающая способность по дизельному топливу ПАС, полученной в вихревом грануляторе, колеблется в пределах 9–11% (российский аналог – 6,8%) при нормативном значении показателя не менее 5,6%;
- прочность гранул ПАС, полученной в вихревом грануляторе, колеблется в пределах 0,4–0,45 кг/гранулу (российский аналог – 0,4 кг/гранулу) при нормативном значении показателя не менее 0,4 кг/гранулу.

В таблице приведены результаты, полученные при различных термодинамических режимах работы вихревого гранулятора при использовании трёх типов увлажнителей.

Представленные результаты относятся к гранулам ПАС, полученным при оптимальных режимах работы вихревого гранулятора согласно результатам проведенных исследований. Качественные показатели ПАС определялись согласно методике проведения испытаний, представленной в ТУ 2143-036-00203789-2003, на сертифицированном лабораторном оборудовании с привлечением центральной лаборатории ПАО „Сумыхимпром“ (г. Сумы).

Таблица

Результаты, полученные при различных термодинамических режимах работы вихревого гранулятора

Номер пробы	Технологический режим	Увлажнитель	Удерживающая способность, %
1	t=90°C, τ=11 мин	влажный воздух	9,0
2	t=140°C, τ=11мин	влажный воздух	9,5
3	t=90°C, τ=11 мин	вода	9,1
4	t=140°C, τ=11мин	вода	9,6
5	t=90°C, τ=11 мин	40% раствор аммиачной селитры	10,0
6	t=140°C, τ=11мин	40% раствор аммиачной селитры	11,0

Испытание ПВВ на основе ПАС проведено в условиях экспериментальных лабораторий государственного научно-исследовательского института химических продуктов (ГосНИИХП, г. Шостка) и ЗАО „Экспериментально-промышленная технология взрывных работ“ (ЗАО „Техновзрыв“, г. Киев). У предварительно изготовленных образцов ПВВ расслаивание в течение четырех месяцев не наблюдалось, что подтверждает наличие необходимого значения удерживающей способности. Скорость детонации ПВВ составила 2,2–2,3 км/с.

При использовании вспученной после термообработки ПАС реакция детонации ПВВ замедляется вследствие нарушения кристаллической структуры гранулы (образования разломов в кристалле). В полученных образцах ПАС, благодаря применению новой технологии и понижению температуры проведения процесса, в центре ядра после высушивания остаются пузырьки воздуха, которые способствуют началу реакции детонации ПВВ.

Основными преимуществами способа получения гранул ПАС в вихревом потоке являются:

- уменьшение времени пребывания гранул в объеме аппарата и сохранение их прочностных характеристик;
- уменьшение количества циклов термообработки гранул;
- совмещение в одном аппарате стадий увлажнения и высушивания гранул;
- возможность классификации гранул по размерам;
- снижение габаритных размеров грануляционного оборудования.

**Список литературы / References**

1. Производство аммиачной селитры в аппаратах большой единичной мощности / [Иванов М.Е., Поляков Н.Н., Поплавский В.Ю. и др.]; под ред. В.М. Олевского. – М.: Химия, 1990. – 288 с.  
Ivanov, M.Ye, Polyakov, N.N. and Poplavskiy, V.Yu. (1990), *Proizvodstvo ammiachnoy selitry v apparatakh bolshoy yedinichnoy moshchnosti* [Ammonium Nitrate Production in the High Unit Capacity Apparatus], Khimiya, Moscow, Russia.
2. Кучинский В.Е. Разработка процесса получения гранулированной пористой аммиачной селитры повышенной прочности методом прилирования: автореф. дисс. на соискан. учен. степ. канд. техн. наук: спец. 05.17.08 / Кучинский В.Е. – М.: Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова, 2011. – 18 с.  
Kuchinskiy, V.Ye. (2011), “The development of the prilled granulated porous ammonium nitrate of increased strength production process”, Abstract of the Cand. Sci. (Tech.) dissertation, Chemical Technology Processes and Equipment, Lomonosov Moscow State Academy of Fine Chemical Technology, Moscow, Russia.
3. Artyukhov, A.E. and Sklabinskyi, V.I. (2012), “Production of granules with special properties in small-sized vortex devices”, *Modern scientific research and their practical application*, Odessa: Kupriyenko Sergiy Vasilyovich on Project SWorld, Volume J31207, pp. 138–147.
4. Маренок В.М. Розробка технології та обладнання для отримання пористої аміачної селітри безбаштовим методом / В.М. Маренок // Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції. – Суми: Сумський державний університет, 2010. – Ч. I. – С. 154–155.  
Marenok, V.M. (2010), “The technology and equipment development for non-tower method of porous ammonium nitrate production”, *Proc. of the All-Ukr. Conf. “Modern technology in industrial production”*, Sumy State University, Sumy, Ukraine, part 1, pp. 154–155.
5. Склабінський В.І. Розрахунок гідродинамічних параметрів закручених потоків у вихрових грануляторах аналітичним методом / В.І. Склабінський, А.Є. Артюхов // Вісник Сумського державного університету. – 2008. – № 3. – С. 62–70.  
Sklabinskyi, V.I. and Artiukhov, A.Ye. (2008), “Calculation of involute streams hydrodynamic parameters in vortical type granulators by analytical method”, *Visnyk Sumskoho derzhavnoho universytetu*, no. 3, pp. 62–70.
6. Кочергин Н.А. Капиллярные силы в грануле пористой структуры: материалы X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених „Технологія-2007“. / Кочергин Н.А. – Северодонецьк: Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, 2007. – Ч. I. – С. 26.  
Kochergin, N.A. (2007), “The capillary forces in the granule of the porous structure”, *Proc. of the All-Ukr.*

Conf. "Technology-2007", Technological Institute of East Ukraine Volodymyr Dahl National University, Severodonetsk, Ukraine, p. 26.

7. Кочергін М.О. Гідро- та термодинамічні умови формування пористої структури гранул аміачної селітри: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.17.08 / Кочергін М.О. – Суми: Сумський державний університет, 2010. – 21 с.

Kocherhin, M.O. (2010), "Hydro and thermodynamic conditions for porous structure of ammonium nitrate formation", Abstract of the Cand. Sci. (Tech.) dissertation, Chemical Technology Processes and Equipment, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

8. Патент №99023 Україна МПК (2012.01) B01J2/16 (2006.01), B01J2/00. Спосіб отримання гранул пористої структури та пристрій для його здійснення / Артюхов А.С., Склабінський В.І. – №а201014887; Заявлено 13.12.2010; Надрук. 10.07.2012, Бюл. №13, 2012 р.

Artiukhov, A.Ye. and Sklabinskyi, V.I. (2012), Patent no. 99023, "Method and device for porous structure granules production", Ukraine.

**Мета.** Обґрунтування можливості створення сучасного високоефективного та економічного виробництва пористої аміачної селітри із застосуванням малогабаритних апаратів з інтенсивною гідродинамікою.

**Методика.** Результати, представлені у статті, отримані шляхом експериментальних досліджень дослідно-промислового зразка вихрового гранулятора зваженого шару. Для встановлення впливу гідродинамічного й термодинамічного режимів його роботи на якість гранул пористої аміачної селітри. Визначення похибки вимірювання досліджуваних у роботі параметрів базується на загальноприйнятих методиках і рекомендаціях щодо проведення інженерного експерименту та обробки статистичних даних.

**Результати.** Отримані оптимальні гідродинамічні й термодинамічні параметри процесу утворення пористого поверхневого шару на гранулах рядової аміачної селітри в апаратах вихрового типу. Показано, що при використанні вихрових грануляторів можливе зменшення числа циклів термообробки, зниження температури сушильного агента та збереження початкової бульбашкової структури ядра гранули.

**Наукова новизна.** Уперше отримані результати, які підтверджують, що процес утворення пористої аміачної селітри можна проводити у вихровому потоці сушильного агента високої інтенсивності. Доведено, що комбінація методів зволоження та термообробки гранул рядової аміачної селітри у вихровому зваженому шарі дозволяє отримати продукт з високими показниками поглинальної та утримуючої здатності й міцності.

**Практична значимість.** Представлені результати експерименту, спільно з проведеними раніше теоретичними дослідженнями в області гідродинаміки руху потоків та термодинаміки утворення пористої структури гранул в вихрових апаратах, покладені в основу розробки методики інженерного розрахунку обладнання даного типу. На підставі отриманих результатів розроблені нові способи одержання гранул пористої структури та пристрої для їх здійснення, захищені охоронними документами.

**Ключові слова:** пориста аміачна селітра, показники якості, вихровий гранулятор, промисловий зразок

**Purpose.** To substantiate the possibility of creation of a modern, highly effective and economical production of porous ammonium nitrate by means of the small-sized devices with intensive hydrodynamics.

**Methodology.** The results presented in this paper were obtained by experimental researches of the vortex suspension bed granulator pilot sample. They had been carried out to study the influence of vortex granulator hydrodynamic and thermodynamic regimes on quality of porous ammonium nitrate granules. Determination of the researching parameters measurement error is based on the standard techniques and recommendations for engineering experiment conducting, and statistical data processing.

**Findings.** The optimum hydrodynamic and thermodynamic parameters of the porous surface layer formation on the ordinary ammonium nitrate granules in vortex type equipment have been obtained. We have proved the possibility of the heat processing cycles decreasing, temperature of drying agent lowering, and original bubble structure of granules core retaining when use vortex granulator.

**Originality.** For the first time, the results confirming that the formation of porous ammonium nitrate can be conducted in the vortex high intensive stream of drying agent have been obtained. The combination of moisture and heat processing methods of the ordinary ammonium nitrate granules in the vortex fluidized bed allows us to obtain a product with high absorbing, retention ability and granule's strength.

**Practical value.** The results of the experiments with earlier theoretical studies in the field of vortex streams motion hydrodynamics and thermodynamics of the porous surface layer formation in the vortex devices make the basis of engineering calculation methods development in point of vortex granulators. The results allowed us to develop new methods and devices for porous structure granules preparing with title of protection.

**Keywords:** porous ammonium nitrate, quality indicators, vortex granulator, industrial model

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Л.Д. Плячуком. Дата надходження рукопису 11.03.13.*