

14. Бородай, А. В. О фрикционном взаимодействии, самоорганизации систем и их основных механизмах [Текст] / А. В. Бородай // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. техн. н. спец. вып. Пробл. трибоэлектрхим. — 2005. — С. 84–89.

РАЗРАБОТКА ГРАДИЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ НАКЛАДОК ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ

В работе предложено использовать композиционные материалы, в основу создания которых положен принцип положительного градиента механических свойств. Изготовлено и проведено триботехнические испытания таких композиционных материалов. В качестве матрицы предложено использовать композиционный эвтектический сплав на основе стали 12Х18Н9Т с учетом теплофизических характеристик укрепляющих фаз. Обоснованно проведение поверхностной комплексной лазерной обработки поверхности с целью улучшения структуры и триботехнических свойств поверхностного слоя.

Ключевые слова: тормозные устройства, эвтектический сплав, сталь, TiB₂, VC, теплофизические свойства, лазерная обработка.

Кіндрачук Мирослав Васильович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машинознавства, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: nau12@ukr.net.

Тісов Олександр Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра машинознавства, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: tisso@ukr.net.

Стебелецька Наталя Миронівна, аспірант, кафедра машинознавства, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, e-mail: nau12@ukr.net.

Кіндрачук Мирослав Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машиноведения, Национальный авиационный университет, Киев, Украина.

Тисов Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент, кафедра машиноведения, Национальный авиационный университет, Киев, Украина.

Стебелецкая Наталия Мироновна, аспирант, кафедра машиноведения, Национальный авиационный университет, Киев, Украина.

Kindrachuk Myroslav, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: nau12@ukr.net.

Tisov Oleksandr, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: tisso@ukr.net.

Stebeletska Natalia, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: nau12@ukr.net

УДК 66.099.2

Склябинский В. И.,
Скиданенко М. С.,
Кононенко Н. П.

ТЕХНИЧЕСКИЙ АУДИТ УЗЛОВ ГРАНУЛЯЦИИ РАСПЛАВА В ПРОИЗВОДСТВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ БАШЕННЫМ СПОСОБОМ

В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований влияния различных параметров, частота и амплитуда специального сигнала, уровень жидкости в устройстве, на процесс диспергирования жидкости. Объединение полученных экспериментальных результатов и теоретических исследований стали основой для проектирования генератора специальных частот, для модернизации существующих грануляторов.

Ключевые слова: монодисперсность, азотные удобрения, вибрационный гранулятор, генератор специальных частот, приллирование.

1. Введение

В последние годы, широко обсуждаются в научных публикациях некоторые результаты исследований когерентных потоков частиц (например, капель или гранул) [1]. Интерес к подобным структурам имеет как фундаментальный характер, так

и связан с разработкой и созданием монодисперсных технологий [2].

В современном химическом производстве применение когерентных систем реализовано, в частности, в крупнотоннажных производствах азотных и комплексных минеральных удобрений, получаемых башенным способом (приллированием).

Для формирования капельных структур применяются различные типы технических устройств. В настоящее время наиболее перспективным является метод вынужденного капиллярного распада струй жидкости с использованием вращающихся или статических вибрационных грануляторов (ВВГ) [3].

2. Постановка проблемы

Башня приллирования представляет собой инженерно-техническое сооружение высотой 30–114 м и диаметром 8–24 м, в зависимости от производительности и физико-химических свойств получаемой продукции со встроенным или выносным аппаратом охлаждения гранул в «кипящем слое», с подведенными воздуховодами, вентиляторами для подачи воздуха в аппарат охлаждения и отвода его вывода его из башни [4].

Существенным фактором влияющим на работу грануляционной башни является тепловая нагрузка, которая в частности зависит от монодисперсности и диаметра капель (гранул). В летнее время температура воздуха окружающей среды высокая, поэтому для снижения тепловой нагрузки башни, при постоянном расходе воздуха через нее, рекомендуется уменьшать диаметр получаемых гранул, в зимний период целесообразно размер капель увеличивать. Например, для получения карбамида со средним диаметром частиц 2,1 мм при температуре воздуха 25–35 °С необходимая высота башни составляет 64,4–67,9 м, тогда как при температурах воздуха ниже 0 °С возможно получение гранул диаметром 2,3–2,5 мм, при фиксированных значениях расхода воздуха.

Размер капель и, как следствие, гранул зависит, помимо других факторов и от частоты колебаний, которые накладываются на истекающие из корзины ВВГ струи расплава [5]:

$$d_K = \sqrt[3]{\frac{3d_0^2 v \epsilon}{2f}}$$

где v — скорость истечения струи жидкости; d_0 — диаметр отверстия истечения расплава; f — частота колебаний; ϵ — коэффициент сжатия струи.

Исходя из заводских условий производств минеральных удобрений расход расплава, поступающего в корпус гранулятора, не постоянный, что приводит к изменению его уровня в корзине ВВГ и, как следствие, скорости истечения жидкости и диаметра получаемых капель.

Это приводит к образованию мелких капель («спутников») и, повышению доли гранул фракции менее 1 мм (1,2–3,0 %) в готовом продукте.

Как показывает анализ технологических стадий производства, одной из наиболее значимых

составляющих потерь удобрений на стадии производства и соответственно, энергетических затрат, является выброс пыли гранулируемого вещества с охлаждающим воздухом в атмосферу. Так, например, при расходе воздуха через башню около 300 000 м³/час и содержании пыли в нем 200–250 мг/м³, агрегат производства аммиачной селитры АС-60 ежегодно выбрасывает в атмосферу более 1500 тонн продукта [6]. Кроме экономического аспекта, связанного с потерями продукта, данная проблема имеет и экологический — загрязнение воздушного бассейна, попадание удобрения в поверхностные и грунтовые воды, накопление нитритов и нитратов в растениях и водоемах, что приводит к нагрузке на экосистему.

Таким образом, целью данной работы является исследование (на экспериментальной установке) влияния параметров вынужденного сигнала, который формируется генератором, и уровня жидкости в объеме аппарата на однородность образующихся капель при распаде струи методом вынужденного распада струй жидкости. Полученные результаты позволят дополнить теоретические исследования и станут основой для проектирования генератора специальных частот, который будет использован при модернизации существующих грануляторов в крупнотоннажных производствах азотных минеральных удобрений.

3. Анализ литературных данных

Вынужденный распад одиночной струи или группы струй на капли является весьма сложным явлением, зависящим от ряда факторов. Основным интерес представляют режимы формирования капель с определенными характеристиками. Режим образования однородных капель — монодисперсный, является весьма специфическим и его необходимо подбирать, формируя условия истечения струи из отверстия и различные сигналы накладываемых на нее возмущений. Изучению вынужденного распада струи посвящено ряд работ. Вопросам условий формирования «спутников» при распаде струи на капли с анализом эволюции возмущений на ее поверхности при различных режимах истечения и формах отверстия посвящены работы [7, 8]. Вопросы нелинейной динамики при распаде свободной поверхности потока струи и возникновении на ее поверхности возмущений, основные области с качественными различиями формирования капельных структур приведены в работе [9]. Особое внимание уделяется механизму возникновения, и наложения возмущений на струю истекающей из отверстия жидкости, способам их передачи на нее [10]. Вместе с тем, в указанных работах рассматриваются вопросы спонтанного распада струи, а возмущения имеют, в основном, длинноволновую природу — модулированы

низкочастотным шумом, что приводило к низкой степени монодисперсности капель. Кроме того, при создании оборудования для формирования капельных структур в промышленности особый интерес представляет дробление струи на капли при наложении возмущений от внешних источников-генераторов и их параметров, зависимость от напора жидкости перед отверстием.

4. Лабораторная база для проведения экспериментов

Для исследования процесса диспергирования жидкости с помощью грануляторов ВВГ использовалась экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1.

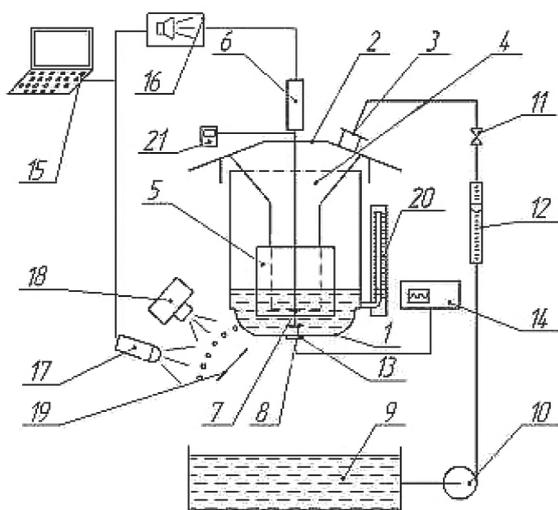


Рис. 1. Экспериментальный стенд вибрационного гранулятора: 1 — перфорированное дно (корзина); 2 — корпус; 3 — патрубок; 4 — коллектор; 5 — фильтрующий элемент; 6 — электромагнитный вибратор; 7 — шток; 8 — резонатор (диск); 9 — буферная емкость; 10 — насос; 11 — вентиль; 12 — ротаметр; 13 — датчик колебаний; 14 — прибор контроля вибрации; 15 — компьютер; 16 — усилитель низкой частоты; 17 — стробоскоп; 18 — фотокамера; 19 — экран со шкалой; 20 — визуальный трубчатый уровнемер; 21 — уровнемер «Метран 100»

В качестве жидкости использовалась вода и модельная жидкость, которая имела плотность, вязкость и коэффициент поверхностного натяжения, близкие к аналогичным показателям расплава азотного удобрения. Жидкость из буферной емкости 9 насосом 10 подавалась в корпус вибрационного гранулятора 2, где равномерно распределялась в перфорированном дне 1 и заполняла его объем. Расход жидкости контролировался ротаметром 12 и регулировался вентилем 11. Уровень заполнения корзины контролировался уровнемерами «Метран 100» 21 и визуальным трубчатым уровнемером 20. Под действием напора жидкость вытекала из отверстия дна 1. Программой с компьютера 15 генерировался сигнал, который подавался на электромагнитный вибратор 6 (маг-

нитострикционный актуатор AA-150LLSB-M) и через шток 7 приводил в колебательное движение диск-излучатель. Частота, с которой колеблется перфорированное дно корзины 1, фиксировалось с помощью датчика колебаний ДН-3-М1 13 и прибором ПКВ-02 14. Для визуального наблюдения за распадом струй на капли, использовался стробоскоп 17. Возле струи, вытекающей из перфорированного дна 1 гранулятора, размещался экран 19 со сменными шкалами, которые позволяли определять диаметр капель, образованных после ее распада, и расстояние между ними. Фотокамера 18 располагалась над струей жидкости и экраном 19 со шкалой, что позволяло фиксировать режимы распада струи на капли.

5. Результаты проведенных экспериментов

Для определения режимов распада струи под действием специальных вынужденных колебаний на лабораторной установке проводились эксперименты по схеме: в корпус гранулятора подавалась жидкость до заданного значения уровня, который поддерживался постоянным, после чего на диск излучателя подавался специальный сигнал. Параметры сигнала были переменными: частота сигнала изменялась в диапазоне $200 \div 1500$ Гц, амплитуда 4,4 В и 10,4 В. Полученные фотографии во время исследований были проанализированы пакетом прикладных программ для решения задач технических вычислений Matrix Laboratory, что дало возможность определить размеры капель, расстояние между ними и другие геометрические параметры.

Условия проведения испытания: уровень жидкости в корпусе гранулятора 280 мм, амплитуда 4,4 В (при среднеквадратическом отклонении измерения $SD = 0,031$ мм).

Начиная с частоты вынужденного сигнала 240 Гц распад струи происходит с образованием основной капли совместно с спутником (рис. 2, а). Размер капли и спутника не сильно отличаются друг от друга ($r_k = 1,038$ мм, $r_c = 0,922$ мм). Причем, вначале после распада струи, капли движутся группами — основная капля и спутник, расстояние между которыми соизмеримо в единицах микрон. Такое расстояние между ними обеспечивается поверхностными силами, которые образуются за счет перетяжки между ними. А расстояние между группами капель составляет 3,803 мм. При дальнейшем движении капель расстояние между основной каплей и спутником увеличивается, происходит разрыв перетяжки и образуется новый спутник, размер которого составляет $r_{с.м.} = 0,188$ мм, при этом изменяются размеры основной капли ($r_k = 0,936$ мм) и основного спутника ($r_c = 0,836$ мм). Расстояние между основной каплей и основным спутником составляет в среднем около 2,097 мм.

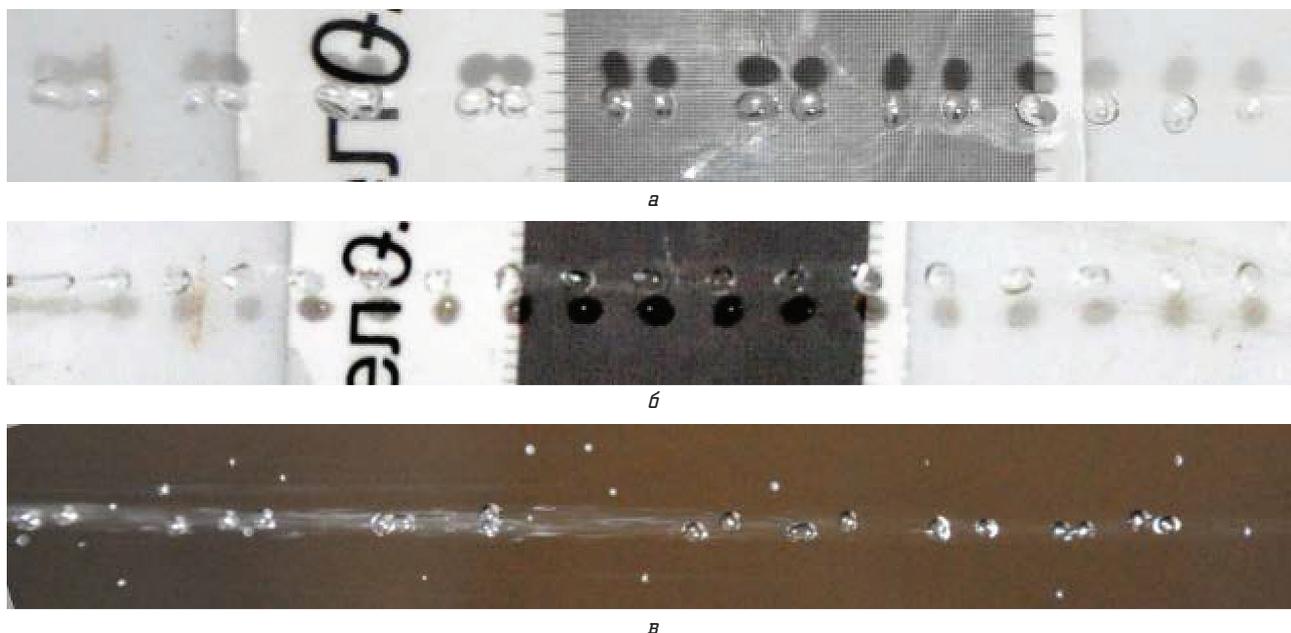


Рис. 2. Режимы распада струи при вынужденных возмущениях при уровне жидкости в корпусе гранулятора 280 мм и амплитуде 4,4 В, при частоте сигнала: *а* — 240 Гц; *б* — 500 Гц; *в* — 800 Гц

При достижении значение частоты 500 Гц устанавливается монодисперсный режим распада струи на капли, которые первоначально имеют овальную форму. Радиус капли $r_k = 0,904$ мм. Режим монодисперсного распада продолжается до частоты 520 Гц (рис. 2, *б*).

При дальнейшем увеличении частоты происходит полидисперсный распад струи. Начиная с частоты около 800 Гц происходит распыл струи: образование полидисперсных больших капель и множества мелких (рис. 2, *в*).

Условия проведения испытания: уровень 280 мм, амплитуда 10,6 В (при среднеквадратическом отклонении измерения $SD = 0,027$ мм).

При частоте возмущающего сигнала 220 Гц струя после истечения разделяется на две (рис. 3, *а*) с образованием в одной струе основных капель размером $r_k = 1,044$ мм, а в другой струе образуются сателлиты размером $r_c = 0,703$ мм. Среднее расстояние между каплями сателлитов составляет 6,700 мм, а между основными каплями — 6,552 мм.

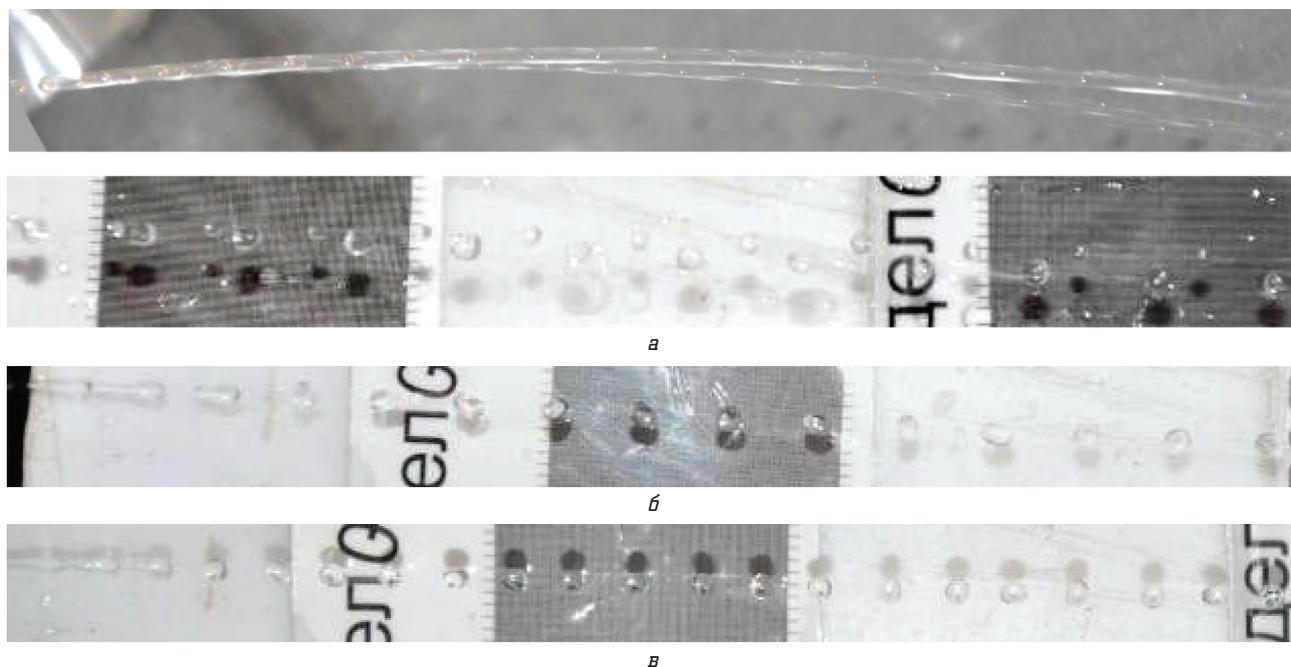


Рис. 3. Режимы распада струи при вынужденных возмущениях при уровне жидкости в корпусе гранулятора 280 мм и амплитуде 10,6 В, при частоте сигнала: *а* — 220 Гц; *б* — 245 Гц; *в* — 370 Гц

При частоте в диапазоне 245–260 Гц происходит распад струи с образованием грушеобразной капли длиной 5,952 мм. На расстоянии 21,883 мм от отверстия истечения хвост капли уменьшается с образованием сателлита. На расстоянии 44,73 мм основная капля догоняет сателлит и они объединяются в одну каплю. Образуется монодисперсный поток капель с постоянными когерентными характеристиками. Радиус монодисперсных капель $r_k = 1,125$ мм (рис. 3, б).

При частоте 370–380 Гц распад струи происходит с образованием основных капель размером $r_k = 0,981$ мм и сателлитов радиусом $r_c = 0,267$ мм. При дальнейшем движении основная капля догоняет сателлит и происходит объединение в одну каплю с радиусом $r_k = 0,988$ мм. Расстояние между объединенными каплями 3,332 мм (рис. 3, в). В диапазоне частот 440–460 Гц при распаде струи на капли происходит образование сателлитов без последующего их объединения.

При частотах 500–520 Гц наблюдается монодисперсный распад струи на капли радиусом $r_k = 0,903$ мм без образования сателлитов.

Условия проведения испытания: уровень 380 мм, амплитуда 4,4 В (при среднеквадратическом отклонении измерения $SD = 0,031$ мм).

При параметрах сигнала начиная с 380 Гц наблюдались синусообразные возмущения на поверхности струи с явно выраженными зонами расширения и сужения. Участок сужения имеет продолговатую форму, что при дальнейшем развитии на поверхности струи возмущений приводит к образованию спутников (рис. 4). Как видно из рис. 4 продолговатый участок при распаде струи образует перетяжку длиной 3,361 мм. За счет поверхностных сил натяжения «хвост» капли уменьшается, при этом образуется перетяжка уже между основной каплей и образующимся сателлитом. В итоге образуется капля радиусом $r_k = 0,977$ мм и сателлит радиусом $r_c = 0,302$ мм.

В диапазоне частот 460–560 Гц ($SD = 0,049$ мм) наблюдается монодисперсный распад струи с радиусом капель $r_k = 1,108$ мм. При дальнейшем увеличении частоты наступает полидисперсный распад с образованием сателлитов.

Условия проведения испытания: уровень 380 мм, амплитуда 10,6 В (при среднеквадратическом отклонении измерения $SD = 0,042$ мм).

В диапазоне частот 235–240 Гц наблюдается нестабильный монодисперсный распад струи. Капли образуются овальные, периодически наблюдается образование сателлитов. Средний радиус капли $r_k = 1,297$ мм (рис. 5, а). При увеличении частоты вынужденного сигнала выше 240 Гц узкий участок струи становится длиннее широкого участка ($l_1/l_2 = 2,588$) и после ее распада капля приобретает «ложкообразную» форму, в которой хорошо видно область основной капли, суженный участок – «шейку», и продолговатый участок. При дальнейшей эволюции образовавшейся капли происходит распад ее на участке шейки и возникают новые две капли: основная $r_k = 1,122$ мм и сателлит $r_c = 0,750$ мм, которые двигаются вместе на расстоянии 1,203 мм друг от друга, образуя группу (пакет) капель (рис. 5, б). При достижении частоты 380 Гц наблюдается монодисперсный распад (рис. 5, в) до частоты 390 Гц. Радиус капель $r_k = 1,181$ мм, расстояние между каплями 4,344 мм.

При частоте свыше 390 Гц наблюдается нестабильный распад струи с образованием сателлитов. В диапазоне частот 440–480 Гц также был получен монодисперсный распад струи на капли радиусом $r_k = 1,163$ мм. Расстояние между каплями 4,307 мм. При частоте 570–590 Гц монодисперсный распад струи происходил с образованием овальных капель. Радиус образующих капель $r_k = 0,996$ мм, расстояние между каплями 2,277 мм.

Условия проведения испытания: уровень 490 мм, амплитуда 4,4 В (при среднеквадратическом отклонении измерения $SD = 0,038$ мм).

При частоте 250 Гц распад струи происходит с образованием капли пестикообразной формы, хорошо наблюдается основная часть, перешеек и столбик. Дальнейшая эволюция данной капли под действием сил поверхностного натяжения приводит к распаду ее на 2 части, которые через некоторое расстояние коагулировались в одну (рис. 6, а). Размер основного сателлита составил $r_c = 0,809$ мм, а размер основной капли $r_k = 1,138$ мм. После объединения капля имела размер $r_k = 1,353$ мм.

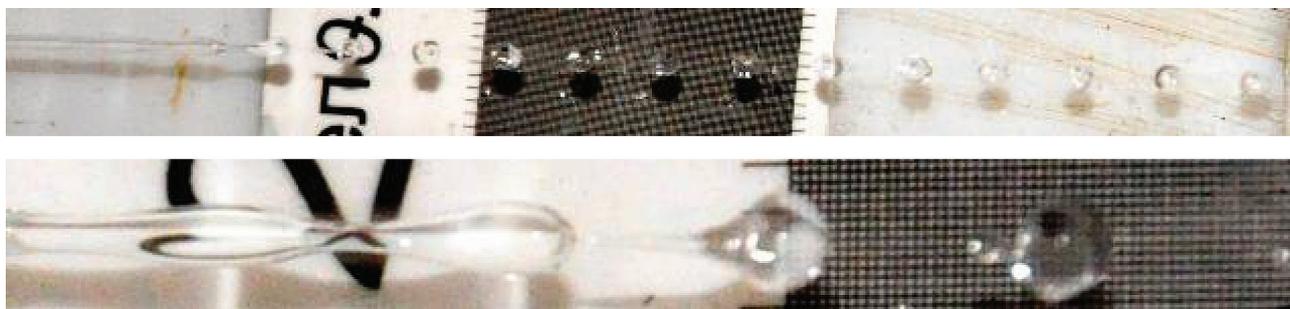


Рис. 4. Режимы распада струи при вынужденных возмущениях при уровне жидкости в корпусе гранулятора 380 мм и амплитуде 4,4 В, при частоте сигнала 380 Гц

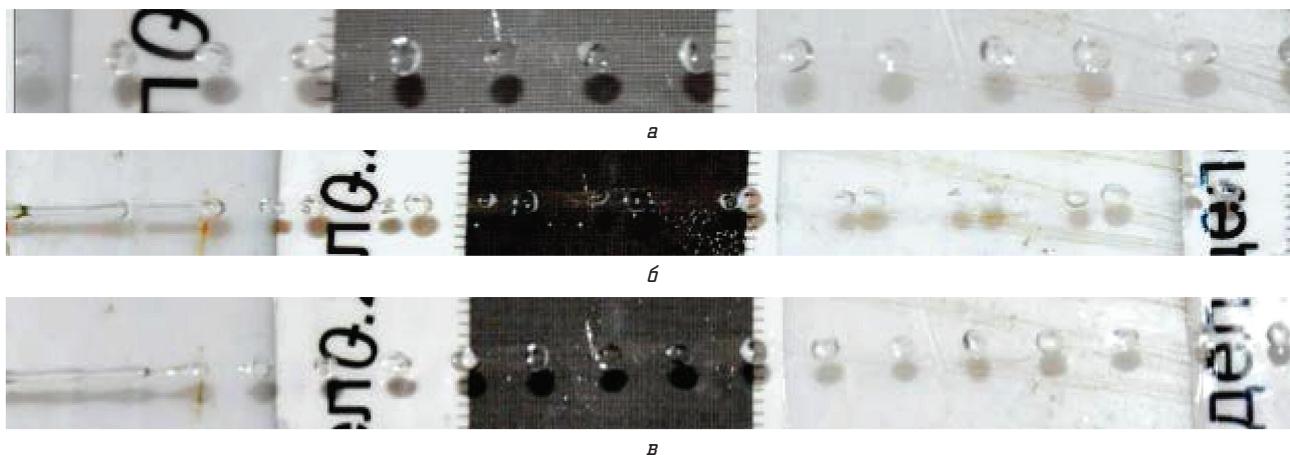


Рис. 5. Режимы распада струи при вынужденных возмущениях при уровне жидкости в корпусе гранулятора 380 мм и амплитуде 4,4 В, при частоте сигнала: *а* — 235 Гц; *б* — 240 Гц; *в* — 380 Гц

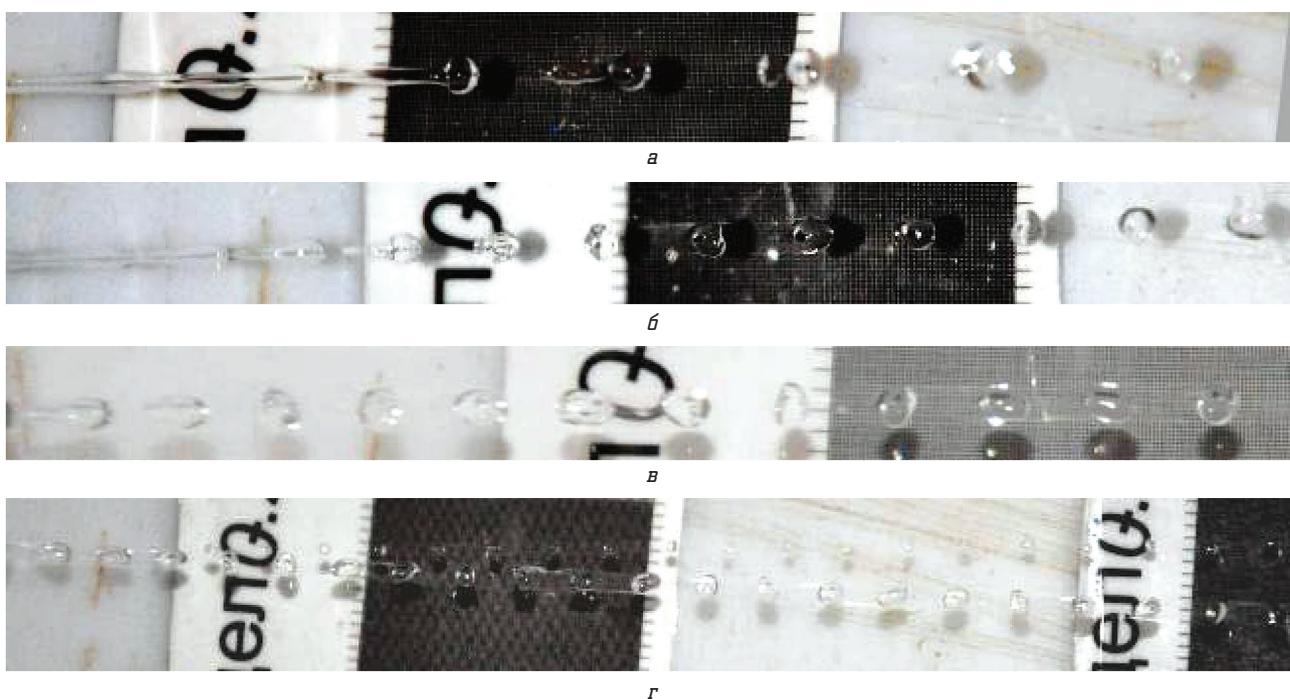


Рис. 6. Режимы распада струи при вынужденных возмущениях при уровне жидкости в корпусе гранулятора 490 мм и амплитуде 4,4 В, при частоте сигнала: *а* — 250 Гц; *б* — 400 Гц; *в* — 460 Гц; *г* — 500 Гц

Расстояние между каплями 8,297 мм. При частоте 400–430 Гц происходит монодисперсный распад струи. Во время распада струи образуется капля несферической формы (рис. 6, б), которая под действием капиллярных сил втягивается внутрь капли. После формирования капля имела размер $r_k = 1,155$ мм. Расстояние между каплями 4,346 мм. В диапазоне 430–460 Гц наблюдается нарушение монодисперсного распада струи, появляются сателлиты.

Начиная с 460 Гц и до 500 Гц, наблюдается монодисперсный распад струи (рис. 6, в). Капли первоначально имеют овальную форму, которая под действием поверхностного натяжения приобретает сферическую форму с радиусом $r_k = 1,125$ мм. Расстояние между каплями 3,028 мм. При частоте

500–505 Гц происходит разделение струи на два потока под углом $3^{\circ}08'$. Размер сателлитов $r_c = 0,490$ мм, расстояние между ними 4,080 мм. Основная капля овальная, радиус ее составляет $r_k = 1,074$ мм. Расстояние между каплями 3,286 мм (рис. 6, г). Начиная с частоты 750 Гц и до 1500 Гц, происходит полидисперсный распад струи.

6. Выводы

Результаты экспериментов показывают, что воздействие различной величины импульса на струи жидкости приводит к изменению режима ее распада и диаметра получаемых капель. Это указывает на необходимость учета указанного

частотного воздействия при использовании в расчетах формулы (1). В противном случае получают полидисперсные капли.

Объединение полученных экспериментальных результатов и теоретических исследований [11] стали основой для проектирования генератора специальных частот, при модернизации существующих грануляторов которые позволяют:

- автоматически определять оптимальную частоту сигнала при изменении уровня расплава в корзине;
- выбирать режим работы для летних условий, когда требуется меньший размер получаемых капель, и режим работы ВВГ зимой, когда можно получить больший размер капель, что в свою очередь позволяет регулировать тепловую нагрузку башни;
- повысить монодисперсность гранул (более 98 % целевой фракции), что улучшает качество готовой продукции и соответствует международным стандартам, повышает конкурентоспособность этой продукции на мировом рынке минеральных удобрений;
- выбор оптимального режима работы генератора специальных частот значительно снижает количество пыли в продукте (с 0,8–1,2 % до 0,05–0,2 %), уменьшает потери продукции с выбросами в атмосферу (с 200–250 мг/м³ до 25–40 мг/м³), что приводит к улучшению экологической обстановки.

Литература

1. Orme, M. On the genesis of droplet stream micro-speed dispersions [Text] / M. Orme // *Physics of Fluids A: Fluid Dynamics*. — 1991. — Vol. 3, № 12. — P. 2936–2947. doi:10.1063/1.857836.
2. Аметистов, Е. В. Монодисперсные системы и технологии [Текст] / Е. В. Аметистов, А. С. Дмитриев. — М.: МЭИ, 2002. — 392 с. ISBN 5-7046-0875-2.
3. Дмитриев, А. С. Монодисперсные системы и технологии: физико-технические основы генерации и распространения монодисперсных потоков [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 01.04.14 / А. С. Дмитриев. — М., 2000. — 35 с.
4. Чернишев, А. К. Аммиачная селитра: свойства производство применение [Текст] / Б. В. Левин, А. В. Туголуков и др.; под ред. А. К. Чернишева, А. В. Туголукова. — М., 2009. — 544 с.
5. Холин, Б. Г. Центробежные и вибрационные грануляторы плавов и распылители жидкости [Текст] / Б. Г. Холин. — М.: Машиностроение, 1977. — 182 с.
6. Кочетков, В. Н. Гранулирование минеральных удобрений [Текст] / В. Н. Кочетков. — М.: Химия, 1975. — 312 с.
7. Vassallo, P. Satellite Formation and Merging in Liquid Jet Breakup [Text] / P. Vassallo, N. Ashgriz // *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. The Royal Society. — 1991. — Vol. 433, № 1888. — P. 269–286. doi:10.1098/rspa.1991.0047.
8. Eggers, J. Physics of liquid jets [Text] / J. Eggers, E. Villermaux // *Rep. Prog. Phys.* — 2008. — Vol. 71, № 3. — P. 036601. doi:10.1088/0034-4885/71/3/036601.
9. Eggers, J. Nonlinear dynamics and breakup of free-surface flows [Text] / J. Eggers // *Reviews of Modern Physics*. — 1997. — Vol. 69, № 3. — P. 865–930. doi:10.1103/revmodphys.69.865.
10. Gezerman, A. O. New approach for obtaining uniform-sized granules by prilling process [Text] / A. O. Gezerman, B. D. Corbacioglu // *Chemical Engineering. Elixir Chem. Engg.* — 2011. — Vol. 40. — P. 5225–5228. — Available at: \www/URL: [http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.elixirpublishers.com%2Farticles%2F1350119747_40%2520\(2011\)%25205225-5228.pdf&ei=25PCU4ySD4W6yGOW9oKIDg&usg=AFQjCNFtz33jXehz61_QyIStm8qtX-s7hQ&bvm=bv:70810081,d:bGQ](http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.elixirpublishers.com%2Farticles%2F1350119747_40%2520(2011)%25205225-5228.pdf&ei=25PCU4ySD4W6yGOW9oKIDg&usg=AFQjCNFtz33jXehz61_QyIStm8qtX-s7hQ&bvm=bv:70810081,d:bGQ). — 20.05.2014.
11. Скиданенко, М. С. Розповсюдження коливаль тиску у зоні формування крапель віброгранулятор [Текст] : тези доповіді Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, 18–19 червня 2013 р. / М. С. Скиданенко, В. І. Склабинський // Перспективні інновації в науці, освіті, виробництві і транспорті. — С. 28–36.

ТЕХНІЧНИЙ АУДИТ ВУЗЛІВ ГРАНУЛЯЦІЇ РОЗПЛАВУ У ВИРОБНИЦТВІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ БАШТОВИМ СПОСОБОМ

У статті розглянуто результати експериментальних досліджень впливу різних параметрів, частота і амплітуда спеціального сигналу, рівень рідини у пристрої, на процес диспергування рідини. Об'єднання отриманих експериментальних результатів і теоретичних досліджень стали основою для проектування генератора спеціальних частот, для модернізації існуючих грануляторів.

Ключові слова: монодисперсність, азотні добрива, вібраційний гранулятор, генератор спеціальних частот, приливання.

Склабинський Всеволод Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри процесів і оброблення хімічних і нафтопереробляючих производств, Сумський державний університет, Україна, e-mail: sklabin@ukr.net.

Скиданенко Максим Сергеевич, асистент, кафедра процесів і оброблення хімічних і нафтопереробляючих производств, Сумський державний університет, Україна, e-mail: skidanenko@pohnp.sumdu.edu.ua.

Копоненко Николай Петрович, старший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория грануляционного и массообменного оборудования, Сумский государственный университет, Украина, e-mail: koponenko-igmo@mail.ru.

Склябинский Всеволод Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой процессов та обладнання хімічних та нафтопереробних виробництв, Сумський державний університет, Україна.

Скиданенко Максим Сергійович, асистент, кафедра процесів та обладнання хімічних та нафтопереробних виробництв, Сумський державний університет, Україна.

Копоненко Микола Петрович, старший науковий співробітник, науково-дослідна лабораторія грануляційного і масообмінного устаткування, Сумський державний університет, Україна.

Sklabinskyi Vsevolod, Sumy State University, Ukraine, e-mail: sklabin@ukr.net.

Skydanenko Maksym, Sumy State University, Ukraine, e-mail: skidanenko@pohnp.sumdu.edu.ua.

Koponenko Nikolay, Sumy State University, Ukraine, e-mail: skidanenko@pohnp.sumdu.edu.ua

УДК 621.646.42

**Атаманов Ю. Л.,
Крутиков Г. А.,
Стрижак М. Г.**

ВЫБОР СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ УДАРНОГО ПНЕВМОАГРЕГАТА СО ВСТРОЕННЫМ РЕЗЕРВУАРОМ

В статье предложены аналитические зависимости и графики для выбора параметров ударного пневмоагрегата, позволяющие не меняя массогабаритные характеристики ударного пневмоцилиндра, добиться более полной реализации работоспособности сжатого воздуха и обеспечить максимальную скорость удара по заготовке. Определена пневмосхема, позволяющая добиться наиболее рационального импульсного удара, при котором удается избежать ударов о крышку цилиндра, а также повысить энергетические характеристики пневмоагрегата.

Ключевые слова: ударные пневмоагрегаты со встроенным резервуаром, максимальная скорость удара по заготовке.

1. Введение

Ударные пневмоагрегаты со встроенным резервуаром находят широкое применение в машинах клеймения металлических изделий, штамповки, развальцовки, прошивки и т. д.

Одним из перспективных пневмоагрегатов, позволяющих эффективно реализовать потенциальную энергию расширения сжатого воздуха является пневмопривод со встроенным резервуаром [1]. Пневмоцилиндр привода состоит из двух полостей: поршневой 2, внутри которой находится дифферен-

циальный поршень 1 и накопительной 6 (рис. 1, а). Торец поршня снабжен уплотнительным кольцом 3, а сам поршень выполняет роль клапана.

Ударный эффект в таких пневмоагрегатах создается за счет скачкообразного наращивания силы давления на поршне при разгерметизации поршня-клапана на 3 с седлом сопла 5 на перегородке, разделяющей накопительную и поршневую полости (рис. 1, а).

Ударные пневматические приводы применяются в отбойных молотках, кузнечных пневмомолотах, прошивочных машинах, машинах клеймения, штамповки и т. д.

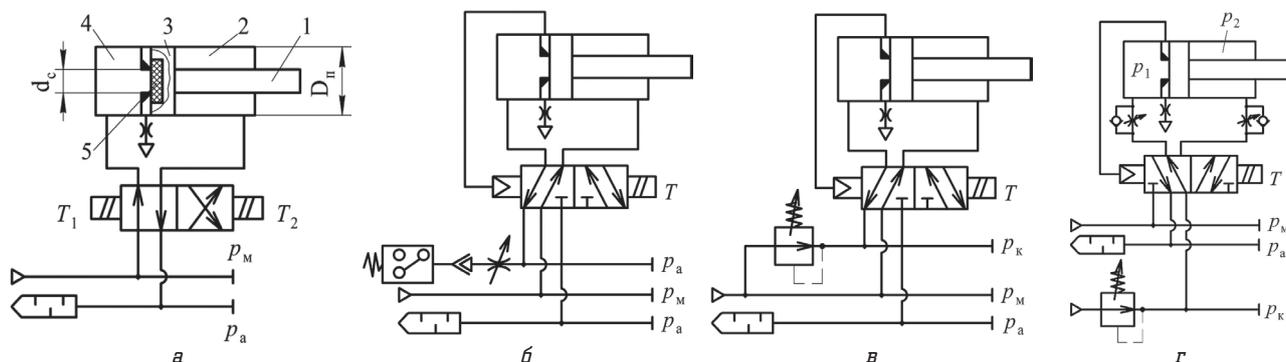


Рис. 2. Схемы управления ударным пневмоагрегатом со встроенным резервуаром: а — конструктивная схема № 1; б — конструктивная схема № 2; в — конструктивная схема № 3; г — конструктивная схема № 4