

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ

Войтюк В.Д., д.т.н., доц., Борхаленко Ю.А., к.т.н.

*Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины*

*В статье приведено обоснование применения разработанного роторно-пульсационного аппарата для приготовления жидких удобрений, определены его оптимальные параметры*

**Постановка проблемы.** В условиях рыночной экономики большое значение имеет своевременное внедрение в агропромышленное производство новых технологий и новейшей техники.

Одним из резервов роста эффективности агропромышленного производства является уменьшение потерь и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Это достигается комплексом мероприятий, включая агротехнические, физические, механические и биологические.

Агрохимические методы, используемые для питания растений, в настоящее время являются основными в повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Для приготовления жидких растворов агрохимикатов применяются различные по назначению и конструкции мешалки, которые не в полной мере обеспечивают качественную гомогенизацию и диспергирование рабочих жидкостей.

**Цель работы.** Повышение эффективности процесса приготовления жидких удобрений, обоснование параметров разработанного роторно-пульсационного аппарата.

**Основной материал.** Для приготовления растворов агрохимикатов используют в основном протравливатели и опрыскиватели, а также специальные агрегаты отечественные – АПЖ-12, ОЗУ-24, ОЗУ-15, ПРД-3500, МЖТ-Ф-6 и зарубежные – «Пемикс - 1002», АСЯ-4, СТК-4, «Восток - 88» и др. [2,3].

Для обеспечения стабильной концентрации раствора и предотвращения оседания на дно нерастворимых агрохимикатов применяют мешалки.

Смесительные устройства классифицируются по назначению и по способу осуществления процесса перемешивания. По назначению смесители бывают общего назначения и специальные. Смесители общего назначения смешивают компоненты (жидкость + жидкость, жидкость + порошок, порошок + порошок). Смесители специального назначения используются для смешивания (гомогенизации) нескольких компонентов одного вещества.

По способу перемешивания смесители бывают гидравлические, пневматические и механические.

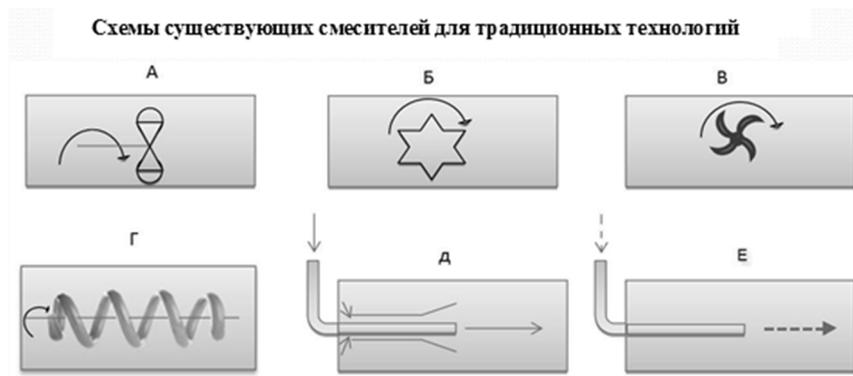


Рис. 1 – Типы смесительных приспособлений:

А – лопастный; Б – барабанный; В – роторный; Г – винтовой; Д – гидравлический эжекторного типа; Е – пневматический

Традиционные технологии смешивания связаны преимущественно со стремлением к максимальной турбулизации жидкой среды: либо путем использования вращательных механических перемешивающих устройств, либо за счет достижения больших скоростей в каналах. В любом случае существенная часть введенной энергии непродуктивно расходуется на преодоление сил вязкости и сил трения.

В то же время во многих отраслях (фармацевтической, химической, нефтеперерабатывающей, пищевой и др.) применяются аппараты, которые работают на основе энергосберегающих технологий с использованием принципа дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ), что обеспечивает высокое качество продукта при минимальных энергетических, финансовых и материальных затратах [1].

При решении поставленных задач использован комплексный метод системного анализа и синтеза теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования основаны на применении законов гидродинамики. Пульсации давления и скорости потока жидкости, интенсивная кавитация, развитая турбулентность, ударные волны и кумулятивные струйки от сплескивания кавитационных пузырьков, большие сдвигающие и срезающие напряжения – эти факторы взаимодействия в жидкой гетерогенной среде подлежат изучению, компьютерному моделированию, оптимизации и использованию для повышения эффективности перемешивания жидких удобрений. При проведении экспериментальных исследований использованы методы планирования экстремальных исследований. Расчет двумерных нестационарных полей концентрации в объеме смесительного бака проводился путем численного решения уравнений Навье-Стокса с помощью компьютерной программы STAR-CD.

Применение принципа дискретно-импульсной трансформации энергии возможно при использовании различных физических явлений и процессов, но, главным образом, при реализации или комбинировании действий следующих теплофизических эффектов:

- снижение или повышение давления в газе (паро) жидкой среде;

- адиабатного закипания;
- гидравлического удара;
- ударной волны давления или разрежения;
- локальной турбулентности;
- кавитации.

Введенная энергия может быть предварительно сконцентрирована в различных формах – тепловой, механической, электрической, электромагнитной и т.д. Сущность дискретности метода ДИВЭ заключается в распределении сжимаемой фазы технологической среды по определенным точкам ее объема, суть импульсивности в реализации условий, при которых в окружении этих точек возникают существенные градиенты давления, скорости, температуры, концентрации, плотности, химических потенциалов электрического или магнитного полей и т.п., а также разрывы непрерывности значений этих технологических параметров [4,5].

Необходимо подчеркнуть, что результаты исследования структуры потока дают лишь качественную картину, которая характеризует поле скоростей в аппарате с мешалкой. Точнее результаты, включая количественные показатели, можно получить на основе математических моделей, учитывающих гидродинамические и массообменные явления, которые имеют место в аппарате в процессе перемешивания.

С использованием компьютерного моделирования исследовано влияние параметров режима перемешивания (геометрических размеров устройства и его рабочих органов и частоты вращения) на степень гомогенизации среды.

В качестве примера перемешивания компонентов "жидкость - жидкость" берем 15 л удобрения КАС и 30 л воды.

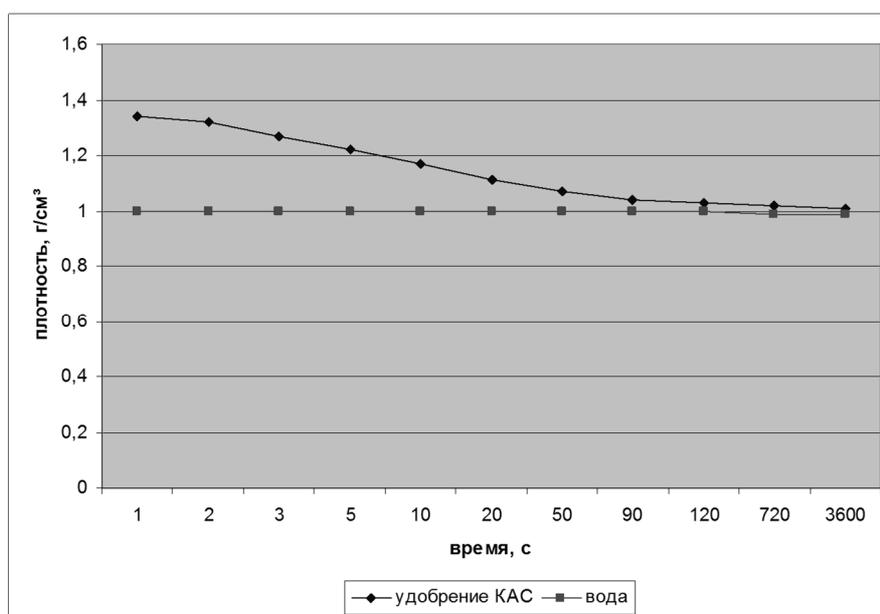


Рис. 2 – Изменение плотности основного (воды) и составляющих компонентов в процессе приготовления удобрения КАС

В результате компьютерного моделирования процесса перемешивания установлено оптимальное время выполнения операции, что позволяет осуществлять ее только для высокой гомогенизации раствора и не допускать неэффективных энергетических затрат.

Компьютерное моделирование и экспериментальные исследования выполнялось на базе роторно-пульсационного аппарата [6].

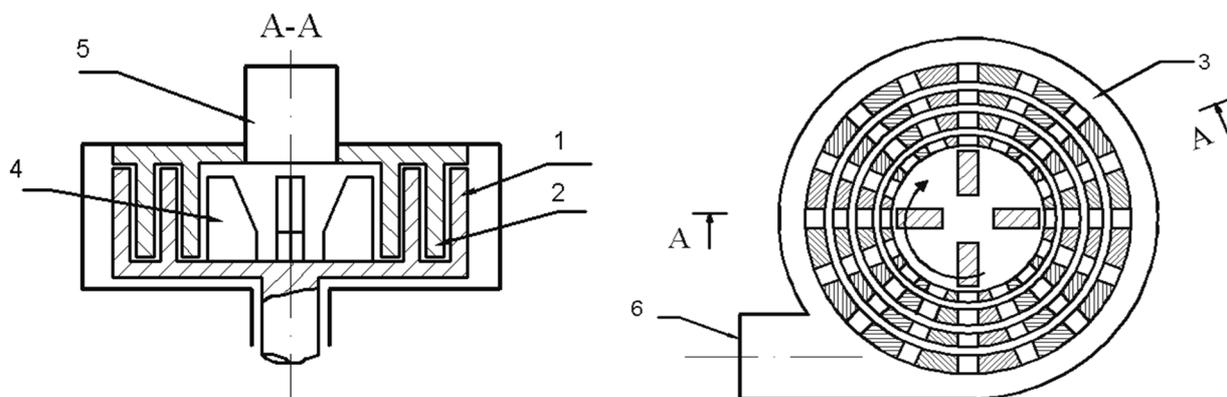


Рис. 3 – Конструкция РПА:

1 – ротор, 2 – статор, 3 – корпус, 4 – лопасти, 5 – патрубок, 6 – выпускное устройство

В корпусе роторно-пульсационного аппарата соосно расположены ротор 1 и статор 2, имеющие отверстия. Компоненты обрабатываемой среды подаются в аппарат и проходя через его рабочие органы, подвергаются интенсивному смешиванию, диспергированию, деформации, а также пульсационным и другим гидродинамическим явлениям. Обработанная среда выходит из аппарата через выпускное устройство 6.

Используемый аппарат имеет следующими конструктивные показатели: диаметр ротора – 120 мм, длина каналов – 5...7 мм, зазоры между дисками динамического фильтра и цилиндрами ротора и статоров – 0,2 мм. Ротор вращается с частотой 3000 об/мин.

Таблица 1 – Данные, которые использовались при теоретических исследованиях смешивания удобрений с использованием принципа ДИВЭ

Начальные условия		
Параметры	Единицы измерения	Значения
Температура воды	°С	18-20
Температура удобрения	°С	18-20
Плотность воды	г/см <sup>3</sup>	1,00
Начальная плотность удобрения КАС	г/см <sup>3</sup>	1,34
Исходные данные теоретических исследований		
Зазор между ротором и статором РПА	мм	0,15-0,3
Частота вращения ротора РПА	об/мин.	1000-3000
Время перемешивания	мин.	6
Кратность исследований	раз	3

В качестве модельной среды рассматривают жидкое удобрение, представляющее собой вязкую ньютоновскую жидкость с плотностью  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$  и кинематическим коэффициентом вязкости  $\nu = 10 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Анализ исследований, полученных с помощью CFD-модели, помог определить закономерность изменения расходных характеристик аппарата, а также показал возможность увеличения амплитуды пульсирующих давлений за счет согласования моментов максимального раскрытия проходных сечений динамического фильтра и статорно-роторного пространства.

В результате компьютерного моделирования и экспериментального исследования перемешивания гетерогенных сред доказано, что традиционные методы приготовления растворов агрохимикатов малоэффективны. Значительное повышение эффективности достигается за счет использования принципа ДИВЭ.

Практика подтверждает, что технологическое оборудование, в котором целенаправленно обосновано применение дискретно-импульсного ввода энергии является весьма перспективным с точки зрения энерго- и ресурсосбережения.

Результаты исследований показали, что использованные ранее методы перемешивания гетерогенных сред для дальнейшего использования в качестве удобрений неэффективны. Использование методов перемешивания удобрений, основанных на принципах ДИВЭ, способствует получению гомогенной диспергированной среды при значительно меньшем расходе энергии и времени.

Сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований в лабораторных и полевых условиях показывает, что их отклонения колеблются в пределах 1,9–3,8%.

**Выводы.** По итогам проведения полевых исследований в течение трех лет установлено:

- оптимальные параметры работы роторно-пульсационного аппарата находятся в таких пределах: время перемешивания – 500–750 с, зазор между ротором и статором – 0,27–0,29 мм, количество оборотов – 2200 об/мин.;

- данные параметры работы роторно-пульсационного аппарата соответствуют требованиям диспергирования и гомогенизации раствора удобрений и наиболее эффективны с точки зрения снижения энергозатрат, а также сокращения времени на их приготовление;

- благодаря доведению рабочей эмульсии КАС до высококачественного состояния с помощью РПА, работающего по принципу ДИВЭ, существенно повысились урожайность и качество зерна озимой пшеницы;

- прирост валовой продукции ежегодно в среднем составил 3,3%;

- увеличилось содержание клейковины в зерне озимой пшеницы и составило 31,4%, что на 4,7% больше, чем на контрольном участке, и на 2,3% больше, чем на участке обработанном раствором удобрения, изготовленного обычным способом;

- увеличилось содержание белка до 14,8%, то есть пшеница соответствует требованиям сильных пшениц первой группы и, как следствие, увеличивается реализационная цена пшеницы, а также прибыль хозяйства.

## Список использованных источников

1. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Принцип разработки новых энергосберегающих технологий и оборудования на основе методов дискретно-импульсного ввода энергии. ISSN 02-04-3602. – Пром. теплотехника, 1997, т. 19, № 4–5.
2. Субін В.С. Інтегрований захист рослин: підручник / В.С. Субін, В.І. Олефіренко. – Київ: Вища освіта, 2004. – 336 с.
3. Олефіренко В.І. Захист рослин: підручник / В.І. Олефіренко, М.В. Скалій. – Київ: Інтас, 2007. – 301 с.
4. Балабудкин М.А. О закономерностях гидродинамических явлений в роторно-пульсационных аппаратах / М.А. Балабудкин // Теорет. основы хим. Технологии. – 1975. – Т. 9. – № 5. – С. 783–788.
5. Войтюк Д.Г. Интенсификация биоконверсионных процессов методом дискретно-импульсного ввода энергии. – Науковий вісник НАУ. – 2008. – № 11, 12. – С. 15–17.
6. Ламб Г. Гидродинамика: учебник / Г.Ламб. – Москва: Гостехиздат, 1947. – 928 с.
7. Балабышко А.М. Роторные аппараты с модуляцией потока и их применение в промышленности: уч. пособ. / А.М. Балабышко, В.Ф. Юдаев. – Москва: Недра, 1992. – 176 с.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учебник / Л.Г. Лойцянский. – Москва: Наука, 1979. – 736 с.

## Анотація

### **ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ І ПАРАМЕТРІВ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РІДКИХ ДОБРІВ**

Войтюк В., Борхаленко Ю.

*У статті приведено обґрунтування використання розробленого роторно-пульсаційного апарата для приготування рідких добрив, визначені його оптимальні параметри.*

## Abstract

### **GROUND OF THE USE AND PARAMETERS ROTOR-PULSATION VEHICLES FOR PREPARATION OF LIQUID FERTILIZERS**

V. Voityuk, Y. Borkhalenko

*In the article the ground of the use developed is resulted rotor-pulsation vehicle for preparation of liquid fertilizers, certain him optimum parameters.*