

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ИЗВЕСТИСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

**Виталий Анатольевич Следченко**, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка,  
**Виктор Иванович Глазков**, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка,  
**Николай Петрович Колесников**, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.1.121

Объект исследования – технологический процесс внесения известьсодержащих отходов производства рабочими органами центробежного типа. Цель исследования – повышение равномерности распределения известьсодержащих отходов производства рабочими органами центробежного типа машин для внесения минеральных удобрений путем совершенствования их конструктивных параметров. Методы исследования – математическое моделирование, натурные наблюдения и эксперимент. В статье раскрывается проблема уменьшения плодородия кислых почв. Отмечается вопрос нехватки промышленных известковых материалов для снижения кислотности почвы. Описана возможность применения известьсодержащих отходов производства для снижения кислотности и повышения плодородия почвы. Рассмотрены конструкции серийных рабочих органов центробежного типа и разработанные авторами технические решения для внесения донных осадков, которые обеспечивали его качественное распределение. Экспериментальные исследования показали, что приведенные рабочие органы центробежного типа не обеспечивают качественного распределения карбоната кальция по поверхности почвы. Разработана конструкция модернизированного рабочего органа центробежного типа с дополнительными (нижними) подвижными лопатками. Проведены исследования по определению качественных показателей работы модернизированных рабочих органов в зависимости от угла установки нижних лопаток и зоны подачи материала. Приведены графики этих зависимостей. Определены оптимальные значения исследуемых параметров рабочего органа для внесения карбоната кальция. Лучшие значения рабочей ширины внесения карбоната кальция получены при установке нижних лопаток под углом 15° и делителя потока под углом 35°. Соблюдение указанных настроечных параметров позволит повысить равномерность распределения известьсодержащих отходов производства.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** известьсодержащие отходы, кислотность почвы, внесение удобрений, рабочие органы центробежного типа.

The object of study was the technological process of applying lime-containing production wastes using centrifugal working bodies. The objective of research was to increase the uniformity of distribution of lime-containing production wastes with the use of centrifugal working bodies of machines for applying mineral fertilizers by improving their design parameters. Methods of research included mathematical modeling, field observations and experiment. In this article the authors reveal the problem of reduced fertility of acidic soils and notes the problem of a lack of industrial lime materials for reducing the soil acidity. The authors have described the possibility of using lime-containing production wastes for reducing acidity and improving soil fertility; considered various designs of mass production centrifugal working bodies and the author's engineering solutions for applying dewatered sludge, which provided its high-quality distribution. Experimental studies defined that the discussed centrifugal working bodies did not provide better distribution of calcium carbonate on the soil surface. The authors have developed a modernized design of a centrifugal working body with additional lower movable blades. Research was conducted to determine the quality parameters of operation of the modernized working bodies depending on the angle of installation of lower blades and the material delivery zone. The graphs for these dependencies are presented. The authors have defined the optimal values of the studied parameters of working body for calcium carbonate application. The best working widths values for applying calcium carbonate were obtained when installing the additional lower blades at the angle of 15° and installing the flow divider at the angle of 35°. Compliance with these setup parameters will allow increasing the uniformity of distribution of lime-containing production wastes.

**KEY WORDS:** waste containing lime, acidity of soil, fertilizers application, working bodies of the centrifugal type.

Центрально-Черноземный регион всегда славился своими черноземами. Однако в последнее время из-за отрицательного баланса кальция в этой зоне отмечается тенденция к росту площадей кислых почв, ухудшению физико-химических свойств черноземов и их биологической активности, что ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Это происходит главным образом из-за применения в основном физиологически кислых форм минеральных удобрений.

При острой нехватке органических удобрений повышение плодородия почв и увеличение урожаев сельскохозяйственных культур возможно за счет устранения избыточной кислотности путем известкования. Для снижения кислотности почвы используются как промышленные, так и местные известьсодержащие материалы. Из-за высокой стоимости и уменьшения объемов производства в условиях рыночной экономики традиционных промышленных известковых материалов их применение становится все менее доступным. В этих условиях актуальным является использование нетрадиционных известковых материалов, например отходов промышленного производства: дефеката, карбоната кальция промышленного синтеза и др. [11, 12]. При этом использование дефеката или карбоната кальция промышленного синтеза позволит одновременно решить две народнохозяйственные задачи – повысить экономическую эффективность использования сельскохозяйственных угодий и утилизировать отходы промышленного производства, объем которых в настоящее время сильно увеличивается из-за нарастающих темпов производства, что ведет к загрязнению окружающей среды и противоречит Федеральному закону от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [13].

К сожалению, в последние годы не уделялось должного внимания использованию этих ценных известковых материалов, что привело к накоплению большого их количества в мелоотвалах и на площадках фильтрации. Ценность отходов промышленных производств для восстановления плодородия почв подтверждается высоким содержанием в них углекислого кальция: от 46 до 94%. Помимо нейтрализации кислотности данные материалы могут служить и минеральным удобрением благодаря содержащимся в них питательным веществам [5, 14].

Распределение сыпучих минеральных удобрений по поверхности почвы в основном осуществляется машинами для внесения минеральных удобрений с центробежными рабочими органами. Популярность разбрасывателей с такими рабочими органами объясняется тем, что они обладают малой удельной металлоемкостью, высокой надежностью, маневренностью и производительностью, малой энергоемкостью и сравнительно низкой стоимостью, к тому же они достаточно просты в изготовлении. Однако дефекат и карбонат кальция промышленного синтеза обладают физико-механическими свойствами, сильно отличающимися от свойств обычных сыпучих минеральных удобрений. Поэтому качество данного распределения серийными машинами не соответствует современным требованиям, а использование кузовных или роторных разбрасывателей органических удобрений малоэффективно из-за незначительной рабочей ширины захвата (3-4 м) и специфики вносимого материала [4, 7, 15].

Кафедра ЭМТП Воронежского ГАУ на протяжении ряда лет занималась созданием рабочего органа, обеспечивающего качественное распределение известковых материалов [8, 9]. Исследования проводились по нескольким направлениям: рабочий орган – туконаправитель – делитель, главным критерием которых было улучшение качественных показателей [2, 3, 6].

Цель исследования – повышение равномерности распределения известьсодержащих отходов производства рабочими органами центробежного типа машин для внесения минеральных удобрений путем совершенствования их конструктивных параметров.

Объект исследования – технологический процесс внесения известьсодержащих отходов производства рабочими органами центробежного типа.

Проанализировав работы по исследованию центробежно-дисковых аппаратов, можно сказать, что подавляющее большинство исследователей посвящают свои работы

изучению распределения удобрений, обладающих четко выраженным гранулометрическим составом и низкой влажностью. Поэтому, несмотря на то что в результате проведенных ранее исследований накоплен большой теоретический и практический материал, его использование применительно к внесению отходов промышленности затруднено.

С учетом предварительных результатов теоретических исследований на кафедре разработаны и изготовлены опытные образцы центробежных рабочих органов для качественного внесения дефеката [8, 9].

Была произведена экспериментальная проверка выбранных рабочих органов. В качестве параметра оценки качества работы разбрасывателя с рабочими органами центробежного типа принята рабочая ширина внесения карбоната кальция в зависимости от места подачи на рабочие органы при различных секундных подачах.

Результаты проведенных исследований показали, что представленные рабочие органы центробежного типа не могут обеспечить показатели качества распределения, указанные в технической характеристике для данной машины.

Видеонаблюдения за работой разбрасывателя с предлагаемыми вариантами рабочих органов обнаружили, что большая часть частиц вносимого материала подхватывается их удлиненными лопатками и распределяется по поверхности почвы. Но при этом частицы материала больше времени находятся на рабочем органе, что отрицательно сказывается на качественных показателях распределения материала. Рабочая ширина при этом составила 6-10,5 м, что значительно меньше значений, указанных в технической характеристике разбрасывателя.

Данное обстоятельство подтвердило целесообразность проводимых в дальнейшем исследований технологического процесса распределения карбоната кальция центробежными рабочими органами. Был разработан и изготовлен рабочий орган центробежного типа [1], схема которого приведена на рисунке 1.

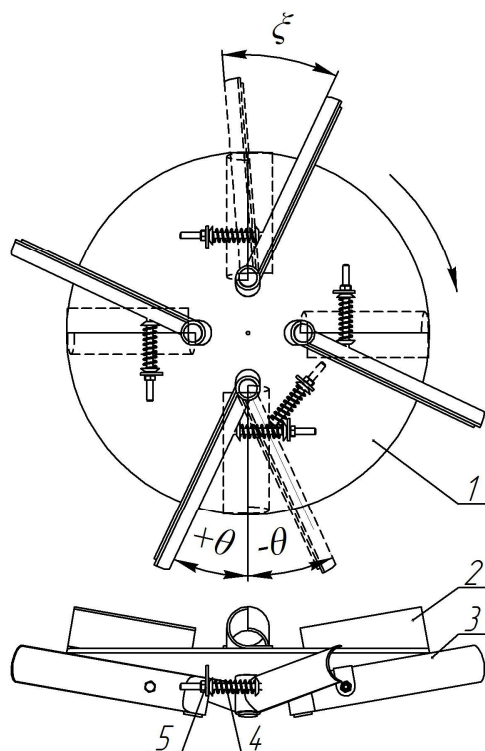


Рис. 1. Схема модернизированного рабочего органа центробежного типа:  
 1 – конусный диск; 2 – верхняя лопатка; 3 – дополнительная (нижняя) лопатка;  
 4 – пружина; 5 – устройство изменения сжатия пружины;  
 $\xi$  – угол перемещения лопатки при работе;  
 $\theta$  – угол начальной установки лопатки

Целью первого этапа проводимых экспериментов была проверка работоспособности новой конструкции рабочих органов на внесении карбоната кальция согласно ОСТ [6] и оценка адекватности предлагаемой математической модели [8].

Кроме того, одной из задач исследований являлось определение зависимости влияния угла установки нижних лопаток, секундной подачи карбоната кальция на рабочие органы и положения делителя потока на качественные показатели распределения.

Для определения работоспособности предлагаемого рабочего органа были проведены предварительные исследования. Для этого все нижние лопатки на диске были зафиксированы под углом  $15^\circ$  против вращения по отношению к верхним лопаткам. Характер распределения карбоната кальция химического синтеза по поверхности почвы представлен на рисунке 2.

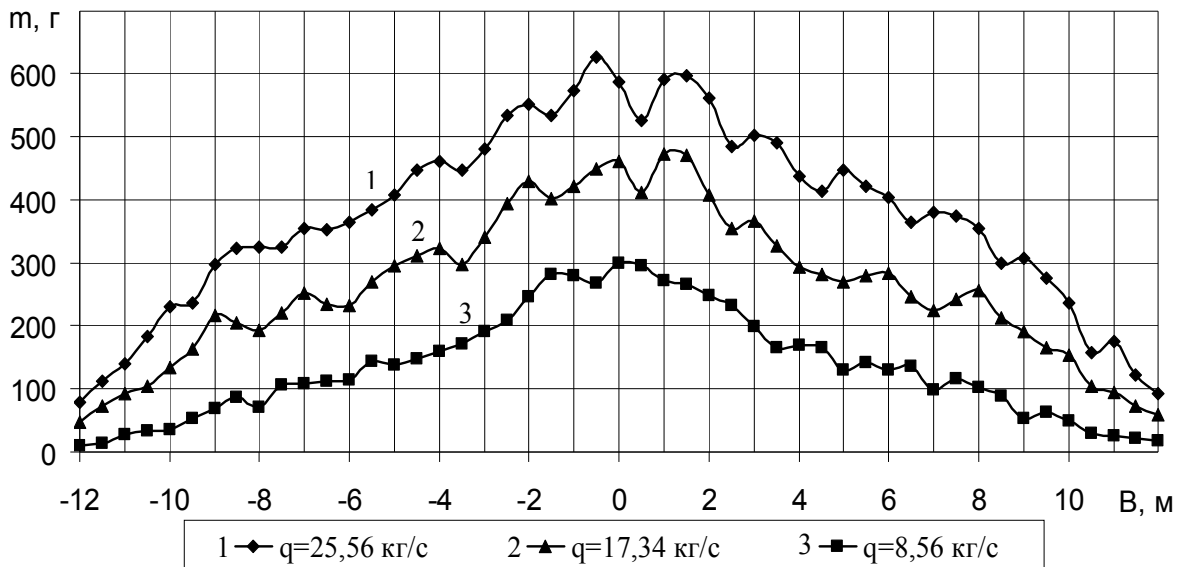


Рис. 2. Распределение материала по поверхности поля при различных секундных подачах

Для более точного определения зоны подачи и угла начальной установки нижних лопаток при различных секундных подачах материала была проведена серия опытов. Результаты этих исследований представлены на рисунках 3 и 4.

Анализируя рисунок 3, можно сказать, что наибольшее значение рабочей ширины внесения при различных секундных подачах получается при установке створок делителя под углом  $30...35^\circ$ .

Зависимость качества распределения карбоната кальция по поверхности почвы от начального угла установки нижних лопаток относительно положения верхних лопаток центробежного рабочего органа устанавливалась при начальных углах установки нижних лопаток от  $-20^\circ$  до  $+5^\circ$  (с интервалом  $5^\circ$ ) при угле установки створок делителя потока  $35^\circ$ .

Из данных, представленных на рисунках, видно, что рабочая ширина распределения карбоната кальция имеет наибольшие значения при начальных углах установки нижних лопаток  $-10...-15^\circ$ .

Результаты проведенных экспериментальных исследований по выявлению зависимости равномерности распределения карбоната кальция от параметров центробежного дискового аппарата свидетельствуют о том, что для обеспечения равномерности распределения по ширине захвата не более 25% серийным разбрасывателем минеральных удобрений и мелиорантов типа МВУ (РУМ) с модернизированными рабочими органами при подачах данного материала в пределах 8 – 25 кг/с необходимо использовать дополнительные (нижние) лопатки, установленные под углом  $-10...-15^\circ$  по отношению к верхним

лопаткам. При этом направляющая стенка туконаправителя должна быть установлена в крайнем переднем по ходу движения разбрасывателя положении, а подвижные створки делителя потока – с углом наклона 30 – 35° (3 – 4 положения). При выполнении рекомендованных настроек центробежного дискового аппарата рабочая ширина захвата разбрасывателя составит 14,5...15 м, а доза внесения карбоната кальция при этом будет находиться в диапазоне 0,29-0,85 кг/м<sup>2</sup> (в зависимости от подачи материала на рабочий орган) [10].

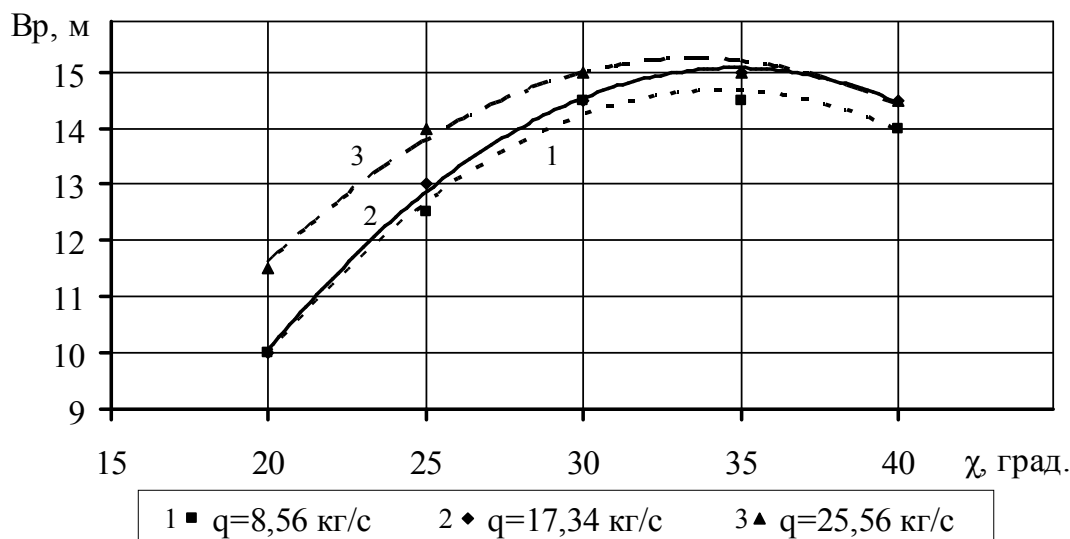


Рис. 3. Зависимость рабочей ширины внесения от положения делителя

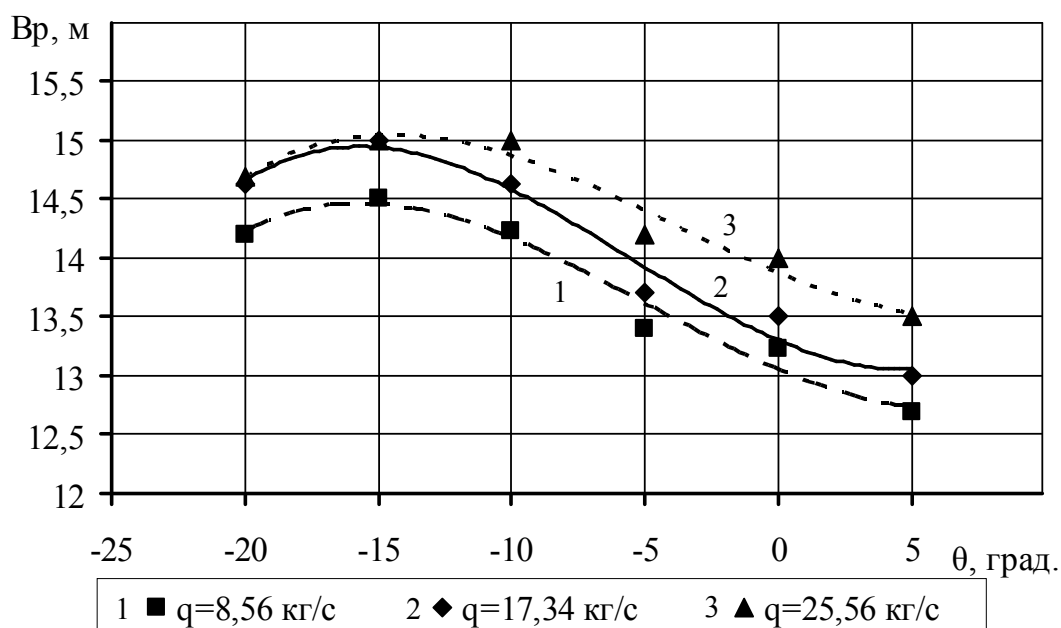


Рис. 4. Зависимость рабочей ширины внесения от угла установки нижних лопаток

Проведенные исследования показали работоспособность модернизированного рабочего органа центробежного типа. При этом качество распределения карбоната кальция при указанных технических режимах настройки и работы рабочего органа соответствует агротехническим требованиям внесения мелиорантов, что способствует увеличению рабочей ширины распределения и более высокой производительности агрегата при внесении карбоната кальция.

---

**Список литературы**

1. Глазков В.И. Центробежный рабочий орган для внесения карбоната кальция / В.И. Глазков, В.А. Следченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 10. – С. 15-16.
2. ГОСТ 28714-2007. Машины для внесения твердых минеральных удобрений. Методы испытаний. – Введ. 2009-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 15 с.
3. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Введ. 2008-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 27 с.
4. Дьячков А.П. Обоснование конструктивных параметров рабочих органов разбрасывателя органических удобрений из куч / А.П. Дьячков, А.Д. Бровченко // Новые разработки технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: сб. науч. тр. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2004. – С. 207-211.
5. Кольцова О.М. Экологический аспект в оценке использования отходов производства в качестве химических мелиорантов черноземов выщелоченных типичной лесостепи Воронежской области / О.М. Кольцова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – Вып. 4 (47). – С. 12-21.
6. ОСТ 70.7.1-82. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для внесения твердых минеральных удобрений, известковых материалов и гипса. Программа и методы испытаний. – Взамен ОСТ 70.7.1-74. Введ. 1983-01-04. – Москва : Госкомсельхозтехника СССР, 1983. – 64 с.
7. Пат. 2416185 Российская Федерация, МПК А01С 15/00 (2006.01). Разбрасыватель твердых удобрений / А.П. Дьячков, Ю.Н. Баранов, А.А. Тычинин, А.С. Перегудов; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. – № 2009145362/21; заявл. 07.12.2009; опубл. 20.04.11, Бюл. № 21. – 4 с.
8. Пат. 2432731 Российская Федерация, МПК А01С 17/00 (2006.01). Рабочий орган центробежного разбрасывателя удобрений / А.П. Дьячков, Ю.Н. Баранов, С.Т. Перегудов, А.С. Перегудов, А.А. Тычинин; заявитель и патентообладатель: Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. – № 2010101772/21; заявл. 20.01.2010; опубл. 10.11.11, Бюл. № 21. – 5 с.
9. Производственная проверка рабочих органов центробежного типа на внесении известковых материалов / А.П. Дьячков, В.И. Глазков, Н.П. Колесников, В.А. Следченко, А.Е. Попов // Повышение эффективности использования, надежности и ремонта сельскохозяйственных машин : сб. науч. тр., посвященный 75-летию со дня образования факультета механизации сельского хозяйства. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2005. – С. 29-32.
10. Следченко В.А. Качественное распределение карбоната кальция. Конструктивные и режимные параметры рабочих органов центробежных разбрасывателей [Электронный ресурс] / В.А. Следченко, В.И. Глазков. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 109 с. (дата обращения: 24.09.2015).
11. ТУ 9112-005-00008064-95. Дефекат. Технические условия. – Введ. 1995-08-06. – Москва : Росглавсахар, 1995. – 8 с.
12. ТУ 2182-15-00206486-2000. Карбонат кальция для сельского хозяйства. Технические условия. – Введ. 2000-28-12. – Москва : Госхимкомиссия РФ, 2000. – 20 с.
13. Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34823/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/) (дата обращения: 21.01.2016).
14. Шишкин А.Ф. Новые известковые удобрения: эффективность и безопасность применения / А.Ф. Шишкин. – Воронеж : ВГАУ, 2001. – 316 с.
15. Якимов Ю.И. Механико-технологическое обоснование интенсификации процесса распределения минеральных удобрений машинами с центробежными рабочими органами : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Ю.И. Якимов. – Черноград, 1995. – 39 с.