

Научная статья
УДК 631.333

МАШИНА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ

¹Николай Иванович Белоусов, ¹Андрей Петрович Бабков, ¹Юрий Анатольевич Гуреев,
²Борис Сергеевич Блинков, ²Алексей Олегович Гороховцев

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования

«Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова», Курск, Россия,

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия

Аннотация. В результате проведённого анализа применяемых технических средств на внесении химических мелиорантов установлено, что они сложные по конструкции, дорогостоящие, малопродуктивные и обладают высокой неравномерностью внесения. При обоснованном выборе транспортно-технологических средств для внесения химических мелиорантов возникает потребность определения параметров транспортно-технологической машины с наиболее рациональными технико-экономическими критериями. Технологические схемы внесения химических мелиорантов могут быть следующие: прямоточная, перевалочная, перегрузочная с использованием передвижной эстакады, перегрузочная с использованием автомобиля-самосвала с предварительным подъёмом платформы, перегрузочная с использованием низкорамной машины для внесения химических мелиорантов. Исследованиями установлено, что при транспортировке химических мелиорантов, агрегатом, состоящим из трактора и разбрасывателя, по прямоточной технологии, при транспортировке на 5 км, время основной работы на внесение химических мелиорантов составляет 40 %, на транспортировку 47 %, на вспомогательные операции 13 %. Рассмотрен низкорамный разбрасыватель извести, состоящий из рамы, колёс, прицепного устройства, кузова, ленточного транспортёра, падающего шнека, вертикального рабочего органа, механизма привода. Экспериментальные исследования распределения извести вертикальным рабочим органом позволяют обосновать рациональные параметры. Опыты проводились со следующими параметрами: диаметр вертикального рабочего органа 920 мм, число лопаток вертикального рабочего органа принималось 2,3,4,5 и 6, частота вращения вертикального рабочего органа равнялась 600, 700, 800, 900 и 1000 мин⁻¹. Применение тракторного агрегата по перегрузочной технологии, при перевозке извести на 5 км, состоящего из трактора Беларус 80.1 и низкорамной машины для внесения химических мелиорантов, увеличит производительность опытного агрегата по сравнению с серийным агрегатом состоящего из машины для внесения удобрений МВУ-6 и трактора Беларус 80.1 на 48%, затраты денежных средств снизятся на 28%.

Ключевые слова: известь, химический мелиорант, тракторный агрегат, разбрасыватель, рабочий орган, автомобиль-самосвал, производительность.

Для цитирования: Машина для внесения химических мелиорантов / Н.И. Белоусов, А.П. Бабков, Ю.А. Гуреев и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 2 (114). С. 66-71.

Original article

MACHINE FOR APPLYING CHEMICAL MELIORANTS

¹Nikolai I. Belousov, ¹Andrey P. Babkov, ¹Yuri A. Gureyev, ¹Boris S. Blinkov,
²Alexey O. Gorokhovtsev

¹Federal State budgetary Institution of Higher Education

«Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov», Kursk, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Bryansk State Technological University of Engineering», Bryansk, Russia

Abstract. As a result of the analysis of the technical means used for applying chemical ameliorants, it was found that they are complex in design, expensive, low-productivity and have a high degree of uneven application. When making a justified selection of transport and technological equipment for applying chemical ameliorants, there arises a need to determine the parameters of the transport and technological machine with the most rational technical and economic criteria. Technological schemes for applying chemical ameliorants can be as follows: direct-flow, transshipment, transshipment using a mobile overpass, transshipment using a dump truck with a pre-lifting platform, transshipment using a low-frame machine for applying chemical ameliorants. Research has shown that when transporting chemical ameliorants by an assembly consisting of a tractor and a spreader using direct-flow technology, when transporting 5 km, the main work time for applying chemical ameliorants is 40%, for transportation 47%, and for auxiliary operations 13%. A low-frame lime

spreader consisting of a frame, wheels, a trailer, a body, a belt conveyor, a falling auger, a vertical working body, and a drive mechanism is considered. Experimental studies of lime distribution by a vertical working body make it possible to substantiate rational parameters. The experiments were carried out with the following parameters: the diameter of the vertical working body was 920 mm, the number of blades of the vertical working body was 2,3,4,5 and 6, the rotational speed of the vertical working body was 600, 700, 800, 900 and 1000 min⁻¹, The use of a tractor unit using transshipment technology, when transporting lime for 5 km, consisting of a tractor Belarus 80.1 and a low-bed machine for applying chemical ameliorants, will increase the productivity of the experimental unit compared with the serial unit consisting of a machine for applying fertilizers MVU-6 and tractor Belarus 80.1 by 48%, cash costs will decrease by 28%.

Keywords: *lime, chemical ameliorant, tractor unit, spreader, working element, dump truck, productivity.*

For citation: *Machine for applying chemical meliorants / N.I. Belousov, A.P. Babkov, Yu.A. Gureev et al. // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2026. № 2 (114). pp. 66-71.*

Введение. Одной из основных задач агропромышленного комплекса является продовольственная безопасность страны, ключевым критерием является продовольственная независимость, которая самостоятельно обеспечивает себя основными продуктами питания. Исследованиями установлено, что прирост сельскохозяйственной продукции увеличивает расход топлива, который не компенсируется ростом производительности агрегатов. Приведём пример, при увеличении производства зерновых культур на 9 %, потребность в горюче-смазочных материалах возрастает на 14 %. Для того чтобы сократить расход горюче-смазочных материалов, необходимо развивать систему машин, технологий, внедрять новые прорывные способы и технологии в производстве [1, с. 51-52; 2, с. 65-70; 3, с. 33-34].

При проведении ранжирования важности факторов, влияющих на показатели урожайности сельскохозяйственных культур, установлено, что первым по прибавке урожайности является внесение минеральных удобрений [4, с. 64-69], вторым фактором применение современных видов и сортов сельскохозяйственных культур. Так же на урожайность оказывают влияние рациональное использование состава и структуры возделываемых культур, посевных площадей, проведение и реализация мелиоративных работ, выполнение сельскохозяйственных работ в агротехнические сроки. Из приведенного анализа важности факторов по прибавке урожайности является внесение минеральных удобрений, которое приводит к увеличению кислотности обрабатываемых почв. Почвы с кислой средой негативно влияют на полезную микрофлору, полезные микроорганизмы резко снижают своё положительное воздействие, а их место занимают стойкие микроскопические грибы с токсическим воздействием на сельскохозяйственные культуры. На кислых почвах замедляется рост сельскохозяйственных культур, ухудшается усваиваемость полезных соединений и минеральных веществ, снижается плодородие почвы, что приводит к уменьшению урожайности [1, с. 8-15; 2, с. 8-10; 3, с. 40-41].

Предлагается использовать на внесении извести агрегат, состоящий из трактора Беларус 80.1 и низкорамного разбрасывателя, транспортировку химических мелиорантов предлагается осуществлять с помощью обычных автомобилей-самосвалов, причём объём кузова автомобиля-самосвала не привязан к объёму кузова разбрасывателя. Рекомендуется использовать автомобиль-самосвал в системе обслуживания с ожиданием. При этом не нужно использовать дополнительные погрузчики, перегрузчики, специализированные автомобили-самосвалы с предварительным подъёмом платформы, манипуляторы, передвижные эстакады. Использование тракторного агрегата с разбрасывателем по прямой технологии внесения, не позволяет использовать разбрасыватель в полной мере, при удалении склада с химическими мелиорантами от поля на расстояние 5 км время основной работы разбрасывателя на внесении составляет менее 50 %.

Материалы и методы. Опыты проводились на низкорамной машине для внесения химических мелиорантов с вертикальным рабочим органом, который и отвечает за качество работы агрегата при внесении. Неравномерность внесения химических мелиорантов по поверхности поля зависит от конструктивно-режимных параметров вертикального рабочего органа. Конструктивно-режимные параметры вертикального рабочего органа машины для внесения химических мелиорантов влияют на стабильность процесса внесения. Сравнительный анализ результатов работы машины для внесения химических мелиорантов позволяет выявить наиболее рациональные конструктивно-режимные параметры вертикального рабочего органа. Которые и определяют качество распределения химических мелиорантов по поверхности поля, как по ширине захвата, так и по ходу движения.

Полученные экспериментальные данные по неравномерности внесения обрабатывались с помощью способов математической статистики, в результате были рассчитаны и отображены сопряжённые зависимости и уравнения. Массу химических мелиорантов приходящуюся на один квадратный метр рассчитаем, как случайную величину математического ожидания по следующему уравнению:

$$o_x = \frac{\sum_{i=1}^{-k} \sum_j^k c_i \cdot r_j}{\sum_{j=1}^k r_j}, \quad (1)$$

где o_x – случайная величина математического ожидания массы химических мелиорантов или среднее значение, $г/м^2$; c_i – i значение массы химических мелиорантов которое находится в противне, $г/м^2$; r_j – число повторов случайной величины в одном разряде, в нашем случае количество противней, шт.; k – число разрядов случайной величины; j – минимальное значение разряда случайной величины.

Рассчитаем значение среднеквадратического отклонения массы химических мелиорантов в противне. В числителе данного уравнения приведена сумма чисел произведения разности между значением массы химических мелиорантов, которая находится в противне и случайной величиной математического ожидания массы химических мелиорантов в квадрате на соответствующее число повторов случайной величины, разделённое на знаменатель суммы числа всех повторов случайной величины:

$$X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (c_i - o_x)^2 \cdot r_j}{\sum r}}, \quad (2)$$

где X – значение среднеквадратического отклонения массы химических мелиорантов в противне, $г/м^2$; $\sum r$ – сумма числа всех повторов случайной величины.

Далее рассчитаем неравномерность внесения химических мелиорантов всех значений случайных величин массы их в противнях, через коэффициент вариации по следующей зависимости:

$$v = \frac{X}{o_x} \cdot 100\%. \quad (3)$$

где v – неравномерность внесения химических мелиорантов, % [5].

Результаты и их обсуждение. Низкорамный разбрасыватель извести (рисунок 1) состоит из рамы с прицепным устройством, колёс, кузова, который крепится к раме, ленточного транспортёра, расположенного в нижней части кузова, в передней части разбрасывателя установлен подающий шнек, вертикальный рабочий орган [6; 7, с. 313-317], механизм привода, состоящий из карданной передачи и редукторов.



Рисунок 1 – Машина для внесения химических мелиорантов

Для загрузки низкорамного разбрасывателя предлагается использовать обычные автомобили-самосвалы, с обоснованными параметрами кузова разбрасывателя, которые позволяют производить выгрузку без дополнительных погрузчиков и перегрузчиков, специализированных автомобилей, манипуляторов, эстакад. Что приводит к экономии времени, технических и денежных средств.

Технология выгрузки химических мелиорантов из кузова обычного автомобиля-самосвала, который используется для транспортировки их от склада до поля, осуществляется следующим образом. Грузёный автомобиль-самосвал подъезжает задней частью, с правой стороны к передней части кузова разбрасывателя, при этом лонжероны рамы автомобиля-самосвала проходят выше верха борта ку-

зова разбрасывателя. Высота от поверхности поля до лонжерона кузова всех современных автомобилей-самосвалов больше чем 0,85 м, а высота от поверхности поля до верхней части борта кузова разбрасывателя равна 0,85 м. Автомобиль-самосвал поднимает кузов, при этом из кузова ссыпаются химические мелиоранты, но объём и количество высыпаемого груза ограничивается: снизу высотой ленточного транспортёра от поверхности поля, по бокам высотой правого и левого бортов кузова разбрасывателя, а сверху высотой выгружаемого материала от ленточного транспортёра разбрасывателя до кузова автомобиля-самосвала в поднятом положении. При этом весь выгружаемый материал не ссыпается, а ссыпается только некоторая часть его, данный параметр называется полнотой выгрузки автомобиля-самосвала. Далее механизатор включает пониженную передачу и осуществляет медленное движение вперёд, при этом оставшаяся часть выгружаемого материала из кузова автомобиля-самосвала высыпается в кузов разбрасывателя, далее происходит полное заполнение кузова разбрасывателя.

На рисунке 2 представлена схема низкорамного разбрасывателя извести.

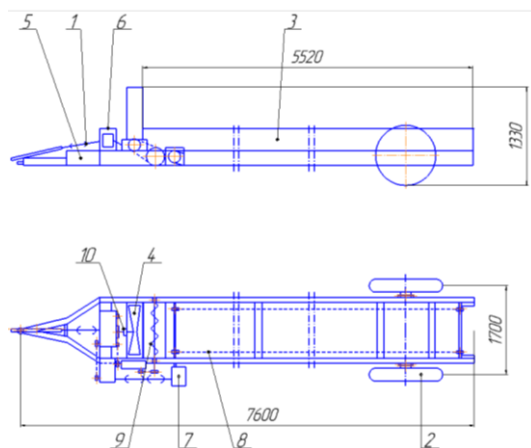


Рисунок 2 – Схема машины для внесения химических мелиорантов

- 1 – передача карданная; 2 – колесо; 3- кузов; 4- вертикальный рабочий орган; 5- рама;
6- редуктор цилиндрический; 7- редуктор червячный; 8- ленточный транспортёр;
9- подающий шнек; 10- корпус подшипников

Когда механизатор заполнил кузов разбрасывателя, водитель автомобиля-самосвала опускает кузов автомобиля с оставшимся выгружаемым материалом и ожидает следующей выгрузки в кузов разбрасывателя. Данный процесс называется обслуживание транспортно-технологического комплекса с ожиданием. Механизатор производит процесс внесения извести. Включает привод вала отбора мощности трактора, который через карданную передачу, цилиндрический редуктор, осуществляет привод вертикального рабочего органа, а через цепную передачу падающего шнека, через червячный редуктор ленточного транспортёра.

Для определения рациональных параметров вертикального рабочего органа разбрасывателя были проведены исследования по определению неравномерности внесения извести.

Зависимость распределения массы извести s_i от количества противней r_j , при диаметре ротора $D=0,92$ (м), числе лопаток вертикального рабочего органа $Z = 4$ (шт), частоте вращения вертикального рабочего органа n принималась 600, 700, 800, 900 и 1000 (мин^{-1}) [8; с. 329-333; 9, с. 395-400], основные статистики ряда распределения при внесении вертикальным рабочим органом представлена на рисунке 3.

Качество выполнения технологического процесса оценивается качественной и объективной оценкой равномерности распределения химических мелиорантов по поверхности поля. В результате проведенных экспериментальных исследований были определены основные статистики ряда распределения. Большое значение в технологическом процессе внесения химических мелиорантов имеет стабильность параметров и показателей. Из анализа экспериментальных данных установили, что наименьшая неравномерность внесения находится при частоте вращения вертикального рабочего органа разбрасывателя 800 мин^{-1} .

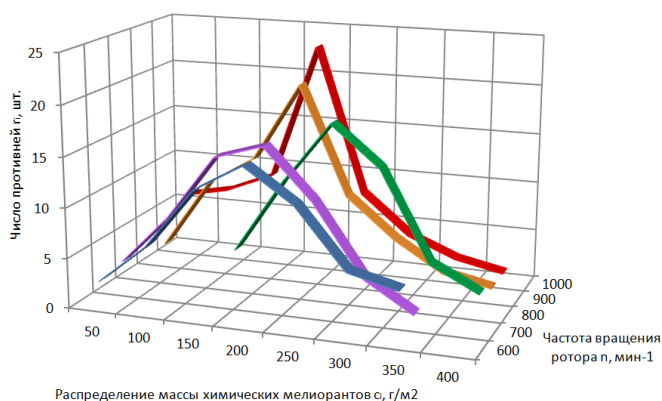


Рисунок 3 – Зависимость распределения массы извести c_i ($\text{г}/\text{м}^2$) от количества противней r_j (шт) и частоты вращения вертикального рабочего органа разбрасывателя n (мин^{-1})

С уменьшением частоты вращения вертикального рабочего органа с 800 до 600 мин^{-1} , неравномерность увеличивается. С увеличением частоты вращения с 800 до 1000 мин^{-1} , известь начинает измельчаться, что приводит к увеличению неравномерности внесения и ухудшению качества внесения. Поэтому рациональной частотой вращения вертикального рабочего ротора, составила – 800 мин^{-1} . Результаты экспериментальных исследований позволяют установить рациональные режимы работы машины для внесения химических мелиорантов.

Выводы. 1. Для агрегатирования низкорамного разбрасывателя химических мелиорантов рекомендуется применять трактор тягового класса 1,4, который работает на поле, а на транспортировке используются автомобили-самосвалы в системе обслуживания с ожиданием.

2. Рациональная частота вращения вертикального рабочего органа машины для внесения химических мелиорантов составила 800 мин^{-1} , число лопаток вертикального рабочего органа равно 4.

3. Применение тракторного агрегата по перегрузочной технологии, при перевозке извести на 5 км, состоящего из трактора Беларус 80.1 и низкорамной машины для внесения химических мелиорантов, увеличит производительность опытного агрегата по сравнению с серийным агрегатом, состоящим из машины для внесения удобрений МВУ-6 и трактора Беларус 80.1 на 48 %, затраты денежных средств снизятся на 28 %.

Список источников

1. Пашковский А.А., Прудников П.В., Смольский Е.В. Динамика свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы при совершенствовании системы удобрения картофеля // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 4 (110). С. 8-15.

2. Чуян Н.А., Чуян О.Г., Брескина Г.М. Влияние органических и минеральных удобрений на изменение содержания органического вещества чернозема типичного // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 2. С. 8-10.

3. Поддымкина Л.М. Биоактивность почвы при внесении удобрений и извести // Плодородие. 2007. № 5 (38). С. 40-41.

4. Трутаева Н.Н., Калянова Н.С. Влияние уровня минерального питания на урожайность озимой пшеницы // Современные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы II всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием, Курск, 05 марта 2025 года. Курск: Курский ГАУ им. И.И. Иванова, 2025. С. 64-69.

5. Белоусов Н.И. Повышение эффективности работы агрегата на внесении извести: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Курск, 2002. 198 с.

6. Вертикальный рабочий орган разбрасывателя извести: пат. 234540 Рос. Федерация U1: МПК А01С 15/00 / Белоусов Н.И., Кончин В.А., Бабков А.П., Гуреев Ю.А., Варавин В.И., Блинков Б.С., Воропаев А.Е., Белоусова М.Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Курский государственный аграрный университет им. И.И. Иванова"; заявл. 07.02.2025; опубл. 02.06.2025.

7. Результаты распределения извести вертикальным ротором низкорамной машины / Н.И. Белоусов, Ю.А. Гуреев, Н.И. Сасин и др. // Роль аграрной науки в устойчивом развитии АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конференции, Курск, 26 мая 2022 года. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2022. С. 313-317.

8. Влияние количества лопаток рабочего органа разбрасывателя на неравномерность внесения извести / Н.И. Белоусов, Ю.А. Гуреев, А.А. Смецкой, М.И. Шор // Молодежная наука - развитию агропромышленного комплекса: материалы III междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 15 ноября 2022 года. Ч. 2. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2023. С. 329-333. EDN YBEZSE..

9. Касьянов А.В., Воробьев В.С., Белоусов Н.И. Улучшение процесса внесения известковых материалов // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сб. материалов IV междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», Саратов, 21–22 марта 2024 года. Саратов: ООО "Медиамир", 2024. С. 395-400.

Информация об авторах

Н.И. Белоусов - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова.

А.П. Бабков - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова. babkov_ap@mail.ru.

Ю.А. Гуреев - кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова.

Б.С. Блинков - кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка Курского государственного аграрного университета имени И.И. Иванова.

А.О. Гороховцев – аспирант Брянского государственного инженерно-технологического университета.

Information about the authors

N.I. Belousov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov.

A.P. Babkov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov. babkov_ap@mail.ru.

Yu.A. Gureev - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov.

B.S. Blinkov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov.

A.O. Gorokhovtsev - Postgraduate Student, Bryansk State Engineering and Technology University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 06.11.2025, одобрена после рецензирования 27.01.2026, принята к публикации 12.02.2026.

The article was submitted 06.11.2025, approved after reviewing 27.01.2026; accepted for publication 12.02.2026.

© Белоусов Н.И., Бабков А.П., Гуреев Ю.А., Блинков Б.С., Гороховцев А.О.