УДК 631.333.5

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-1-12-22

**АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ И РАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ
ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ**¹Шварц Анатолий Адольфович¹Шварц Сергей Анатольевич¹Коротков Илья Владимирович¹Ветров Иван Юрьевич¹Секретарев Александр Петрович¹ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова»

Реферат. Для растениеводческих сельскохозяйственных предприятий внесение гранулированных удобрений – наиболее удобный способ обогащения почвы элементами питания. Рассмотрены конструкции разбрасывателей удобрений для поверхностного основного внесения и подкормок. Произведён анализ конструкций распределителей отечественного и импортного производства, выявлены преимущества и недостатки рассеивающих рабочих органов, применяемых в настоящее время. Запросы как крупных агрохолдингов, так и небольших крестьянских (фермерских) хозяйств находят ответ в виде машин прицепного или навесного варианта исполнения. Для небольших сельскохозяйственных предприятий наиболее удобен навесной вариант конструкции. Отмечено, что при неравномерности распределения, равной 20 %, потери урожая зерновых культур составляют 0,6 – 11,5 %. Одним из наиболее перспективных вариантов повышения производительности разбрасывателей гранулированных удобрений является использование объёмных бункеров. Многие современные исследования по разработке конструкций дисковых разбрасывателей минеральных удобрений направлены и на обеспечение сохранности гранул. Решающими факторами, влияющими на выбор типа разбрасывателя, для сельхозтоваропроизводителей являются такие как площадь полей, расстояние от склада удобрений до рабочих участков, особенности технологии внесения, а также объём вносимых удобрений. Указаны перспективы развития машин для внесения удобрений в том числе с учётом разработок ФГБОУ ВО «Курская ГСХА». Определены направления дальнейших разработок в сфере совершенствования конструкций распределителей и устранения существующих недостатков.

Ключевые слова: разбрасыватели, распределители, удобрения, навесной разбрасыватель, прицепной разбрасыватель, центробежный диск, ротор.

**ANALYSIS OF STRUCTURES OF WORKING BODIES
OF GRANULATED FERTILIZER SPREADERS**¹Schwartz Anatoly¹Schwartz Sergey¹Korotkov Ilya¹Vetrov Ivan¹Secretary Alexander¹FSBEI HE "Kursk State Agricultural Academy"

Abstract. The introduction of granular fertilizers is the most convenient way of enriching the soil with nutrients for plant growing agricultural enterprises. The design of fertilizer spreaders for surface main application and top dressing is considered. The analysis of the designs of distributors of domestic and foreign production is carried out, the advantages and disadvantages of the scattering working bodies used at present are revealed. The requests of both large agricultural holdings and small peasant (farmer) farms are answered in the form of trailed or mounted machines. The hinged design is most convenient for small agricultural enterprises. It is noted that with an uneven distribution equal to 20 %, the loss of grain yield is 0,6 – 11,5 %. One of the most promising options for increasing the performance of granular fertilizer spreaders is the use of volumetric hoppers. Many modern studies on the development of designs

of disc spreaders for mineral fertilizers are also aimed at ensuring the safety of granules. The decisive factors influencing the choice of the type of spreader for agricultural producers are such as the area of the fields, the distance from the fertilizer warehouse to the working areas, the features of the application technology, as well as the amount of fertilizer applied. Prospects for the development of machines for applying fertilizers, including taking into account the developments of the Kursk State Agricultural Academy, are indicated. The directions of further developments in the field of improving the designs of distributors and eliminating existing shortcomings have been determined.

Keywords: *spreaders, distributors, fertilizers, mounted spreader, trailer spreader, centrifugal disk, rotor.*

Введение. Практика растениеводческих предприятий, а также современные научные исследования в области сельского хозяйства показывают, что для получения больших урожаев высокого качества необходимо своевременно обеспечивать растения необходимыми питательными веществами.

Согласно принципам агротехники, наиболее важным приёмом в вегетации растений с точки зрения внесения удобрений считается основное внесение. Во время основного внесения удобрений органические и минеральные удобрения распределяют по поверхности поля, и сразу же заделывают в почву почвообрабатывающими машинами. Операция выполняется до посева - для обеспечения растений питанием в течение всего периода вегетации. В этот период вносится 65 – 75 % от общей нормы удобрений [1].

От объёмов удобрений, расстояния до полей предприятия и способов их внесения в почву зависит выбор технологии внесения удобрений. В практике сельхозтоваропроизводителей имеют место прямоточная, перегрузочная и перевалочная технологии.

Прямоточная технология предполагает загрузку удобрений в разбрасыватель на складе и дальнейшую транспортировку на поле в самой машине для рассева удобрений. Такая схема считается целесообразной при небольшом (до 5 км) расстоянии от склада до поля, и грузоподъёмности машин более 4 тонн.

При перегрузочной технологии удобрения со склада вывозятся транспортными средствами, из которых впоследствии рабочий материал перегружается в машины для внесения удобрений. Этот вариант удобен при дальности перевозки более 5 км и грузоподъёмности машин свыше 4 тонн.

Перевалочной называется технология, при которой удобрения, доставленные со склада транспортными средствами, перегружают в стационарное полевое хранилище или другую ёмкость, из которой загружаются распределители удобрений. Это позволяет применять удобрения на больших расстояниях от склада при использовании любых средств для внесения.

До сева вносятся органические удобрения, а также значительная часть общего количества минеральных удобрений. Современные технологии позволяют оба вида удобрений производить в наиболее удобной для хранения и транспортировки гранулированной форме [2]. Основное внесение производят осенью, либо весной. Сроки внесения зависят от почвенно-климатических условий района возделывания и особенностей применяемого удобрения. При условиях достаточного и избыточного увлажнения под вспашку зяби не вносят азотные удобрения, их применяют весной под предпосевную культивацию и в подкормку. Фосфорно-калийные удобрения во всех лесостепных районах более предпочтительно вносить под вспашку [3].

Сельхозтоваропроизводители часто применяют и припосевное внесение удобрений. Питательные вещества в этом случае вносятся в почву одновременно с посадкой или посевом сельскохозяйственных культур специальными посевными машинами с туковывсевающими аппаратами [4, 5].

В период вегетации растений применяется подкормка: этот приём агротехники предназначен для усиления питания растений во время максимального использования растениями элементов питания.

Различают корневую и некорневую подкормки. При корневой подкормке элементы питания усваиваются посредством поглощения их корневой системой. Корневая подкормка может проводиться внутрипочвенно и поверхностно. Внутрипочвенная корневая подкормка осуществляется путём заделки удобрений в слой почвы, доступный корням растения. Поверхностная корневая подкормка обычно применяется для зерновых культур и проводится путём распределения удобрений по поверхности почвы разбрасывателями [3, 4].

Некорневая подкормка - способ внесения удобрений, при котором питательные вещества поглощаются растениями через листья. Обычно некорневые подкормки производят путём опрыскивания [3].

При основном внесении и при корневой подкормке применяют разбросной способ внесения. Удобрения при таком способе распределяются сплошным слоем по всей поверхности поля [4].

Материалы и методы. В роли предметов исследования рассмотрим конструкции различных применяемых в настоящее время устройств для распределения удобрений в форме гранул. Для поверхностного внесения гранулированных минеральных, органических и органоминеральных удобрений применяются прицепные и навесные машины с аппаратами броскового типа. Распределяющие органы таких разбрасывателей выполнены в виде вертикальных или горизонтальных бросковых аппаратов (рисунок 1). К сожалению, конструкции таких машин часто далеки от совершенства, что приводит к неравномерному распределению удобрений на поверхности поля.

а – с вертикальной осью вращения; б – с горизонтальной осью вращения

Рисунок 1 – Рабочие органы для поверхностного внесения удобрений

Неравномерное распределение удобрений приводит к уменьшению урожайности сельскохозяйственных культур. Уровень потерь от неравномерности распределения удобрений расценивается неодинаково. Есть данные, что неравномерность в 20 – 25% даёт потери урожая около 1 – 2 %. В разных случаях при неравномерности 20 % потери урожая зерновых культур составляли 0,6 – 11,5 %, а при неравномерности 30 % потери возрастали до 17,5 % [6].

В настоящее время для сельхозтоваропроизводителей имеет место большой выбор технических средств для поверхностного распределения гранулированных удобрений. Запросы как крупных агрохолдингов, так и небольших крестьянских (фермерских) хозяйств находят ответ в виде машин прицепного или навесного варианта исполнения.

Для небольших сельскохозяйственных предприятий наиболее удобным считается навесной вариант конструкции. Существуют машины такого типа, вмещающие от 0,25 т. до 4,00 т. удобрений. Малые разбрасыватели крепятся на навеску трактора, в то время как для агрегатирования машин повышенной грузоподъёмности с тракторами малой мощности выпускаются двухколёсные шасси, на которые устанавливаются навесные разбрасыватели (рисунок 2). Шины колёсного хода таких шасси имеют увеличенную ширину и уменьшенный наружный диаметр, что позволяет снизить высоту погрузки.

Для примера рассмотрим конструкцию распределителя AMAZONE ZA-M. Навесные разбрасыватели удобрений AMAZONE ZA-M выпускаются в 17 различных модификациях вместимостью от 1200 до 3000 литров. Для использования с тракторами малой мощности возможно использование фирменных шасси. Двухдисковый распределитель AMAZONE ZA-M имеет довольно простую конструкцию. Агрегаты этой серии оснащаются бункерами глубокой вытяжки без углов и сварных швов, что гарантирует соскальзывание удобрений. Механизм распределения представляет собой два горизонтальных диска с подающими на них удобрения дозатором и питателем [7].

а – AMAZONE ZA-M 1500
производства компании
“AMAZONE”, Германия

б – РУ-3000 производства
«БобруйскАгроМаш», Беларусь

в – UNIA MXL 3000
производства “UNIA”, Польша

Рисунок 2 – Навесные разбрасыватели удобрений на шасси:

Удобрения посредством ворошильного вала поступают из бункера на диски. За счёт вращения распределяющих дисков с частотой 720 мин^{-1} гранулированные удобрения по лопастям выводятся наружу. Конструкция дисков позволяет распределять удобрения на ширину от 10 до 36 метров.

К недостаткам разбрасывателей с такими рабочими органами относят высокую стоимость машин у ведущих производителей и значительную неравномерность распределения удобрений у аналогов.

Многие современные исследования по разработке конструкций дисковых разбрасывателей минеральных удобрений направлены и на обеспечение сохранности гранул [8 – 10].

Маятниковые разбрасыватели удобрений (рисунок 3) также предназначены для поверхностного внесения гранулированных удобрений, но имеют другую конструкцию рабочих органов. Разброс удобрений машинами такой конструкции производится при помощи качающейся в горизонтальной плоскости трубы, что обеспечивает более равномерное разбрасывание удобрений в сравнении с дисковыми разбрасывателями, а также предусматривает возможность внесения удобрений в два ряда.

а – Magnum 750
производства компании “Gamberini”

б – Eurospand PXT 490
производства компании “Eurospand”

Рисунок 3 – Маятниковые распределители удобрений

Ширина захвата у таких распределителей регулируется изменением местоположения упора качающейся трубы, приводимой в движение от ВОМ трактора. К минусам таких распределителей относят невысокую рабочую скорость (до 10 км/ч), небольшую вместимость бункера. Отклонение от номинального числа оборотов ВОМ негативно влияет на равномерность разброса удобрений. Маятниковые разбрасыватели более шумные при эксплуатации, чем распределители с центробежными дисками. Этот тип машин не находит популярность у большинства сельхозпроизводителей ввиду низкой производительности при высокой стоимости. Таким агрегатам присущи и другие недостатки, идентичные недостаткам центробежных дисковых распределителей [10 – 12].

Одним из наиболее перспективных вариантов повышения производительности разбрасывателей гранулированных удобрений является использование объёмных бункеров. Чем больше ёмкость бункера, тем меньше остановок для дозагрузки придётся выполнять в течение смены. Большую вместимость бункера относительно представленных выше навесных распределителей имеют прицепные машины для внесения удобрений. Такие агрегаты хорошо распределяют удобрения при минимальных показателях давления.

Распределители удобрений прицепной конструкции ввиду наличия объёмных бункеров, удобства применения на больших площадях и повышенного расхода топлива обычно находят отклик у наиболее крупных сельскохозяйственных компаний. Решающими факторами, влияющими на выбор типа разбрасывателя, для сельхозтоваропроизводителей являются такие как площадь полей, расстояние от склада удобрений до рабочих участков, особенности технологии внесения, а также объём вносимых удобрений.

Прицепные машины для внесения удобрений обычно состоят из кузова с расположенным в нём транспортёром, приводного механизма, дозатора и распределяющих рабочих органов. Именно машины прицепного типа считаются наиболее распространёнными в сельскохозяйственном производстве вследствие того, что обладают большой грузоподъёмностью и высокими показателями производительности. Однако точность внесения удобрений зачастую оставляет желать лучшего.

В настоящее время российские производители сельскохозяйственной техники сохраняют выпуск машин для внесения удобрений советской разработки. В частности, ОАО "Давыдовсельмаш" Московской области производит машины для поверхностного внесения удобрений МВУ-6, МВУ-8, МВУ-12 [9]. Разбрасыватели МВУ-6 (рисунок 4) предназначены для транспортировки и поверхностного внесения гранулированных удобрений и слабопылящих известковых материалов.

Машина представляет собой полуприцеп, на раме которого смонтированы кузов, рассеивающий аппарат, туконаправитель, механизмы передачи. Кузов сочетает в себе наклонные борта и плоское дно, по которому перемещается верхняя ветвь цепочно-планчатого транспортёра. Транспортёр смонтирован на звёздочки ведущего и ролики ведомого валов и приводится в движение от ходового колеса цепной передачей или от ВОМ трактора через редуктор трансмиссии и цепной привод. Выбор варианта привода зависит от дозы удобрений.

Рисунок 4 – Машина для внесения минеральных удобрений и извести МВУ-6

Машина СТТ-10 (рисунок 5), выпускаемая Тернопольским комбайновым заводом, распределяет удобрения посредством двух роторов, вращающихся вокруг горизонтальной оси [10]. Роторы выполнены в виде вентиляторных колёс, состоят из дисков, колец и трёх видов лопаток различной длины. Роторы вращаются с частотой 810 мин^{-1} . Разница длины лопаток не случайна: четыре длинных лопатки засевают полосу рассева, удалённую от ротора, две короткие лопатки засевают полосу вблизи ротора, а полосу под машиной засевают лопатки, расположенные на наружной части кольца ротора. Машина применяется для внесения гранулированных удобрений, перевозки удобрений и других сыпучих грузов с возможной разгрузкой через окно в задней стенке.

Для обеспечения высева заданной дозы гранулированных удобрений сначала определяется степень открытия дозирующей щели, потом подвижные упоры дозатора устанавливают на необходимые деления. Механизатор включает ВОМ и рычаг гидроуправления дозирующей заслонки. Происходит автоматическая установка заданной дозы удобрений, а также включение муфты привода транспортёра, который, в свою очередь подаёт удобрения через туконаправитель

на внутренние и наружные лопадки роторов. Ротор за счёт вращения вокруг горизонтальной оси лопатками распределяет удобрения по рабочей ширине захвата (10-15 м).

Из-за сложности обслуживания, а также трудности обеспечения равномерности рассева удобрений распределитель СТТ-10 не нашёл массового потребителя. Тернопольский комбайновый завод, который производил эту машину, в 1990-е годы прекратил её выпуск, а в 2012 году прекратил своё существование.

- 1 – распределяющее устройство; 2 – туконаправители; 3 – механизм подачи на вал транспортёра;
 4 – ходовая система; 5 – задний вал; 6, 11 – заслонки дозирующие; 7 – кузов;
 8 – откидная сетка; 9 – передний вал транспортёра; 10 – регулятор высева; 12 – транспортёр;
 13, 14 – роторы; 15 – лопатка ротора

Рисунок 5 – Машина для внесения удобрений СТТ-10

Разработка машин для внесения удобрений с одно- и двухбарабанными конструкциями рабочих органов на горизонтальных осях вращения не находит отклика среди других серийных образцов распределителей. Однако исследования показывают, что совершенствование таких машин является перспективным направлением развития технических средств для внесения удобрений. Например, в экспериментальном образце, разработанном ФГБОУ ВО "Курская ГСХА" предусмотрено использование дефлекторов, устраняющих веерное распределение потока удобрений и обеспечивающих более равномерное распределение рассеиваемого материала в полосе посева [11, 12, 13].

Среди стран бывшего СССР производство и разработку новых машин для внесения удобрений осуществляет ОАО «Бобруйскагромаш» Республики Беларусь [14]. В числе прочих машин для внесения удобрений предприятие производит машины РУ-7000 (рисунок 6).

Рисунок 6 – Распределитель удобрений РУ-7000

Распределитель минеральных удобрений РУ-7000 предназначается для транспортировки и поверхностного внесения твёрдых удобрений кристаллической или гранулированной формы, извести, а также химических мелиорантов. На этой машине возможен привод подающего транспортера как от колёс машины, так и от ВОМ трактора, возможен гидравлический привод подающего транспортера от гидросистемы трактора. Устройство машины РУ-7000 предполагает ручную настройку на вид вносимого материала и требуемую дозу внесения.

Привод распределяющих тарелок РУ-7000 осуществляется от ВОМ трактора. Контроль дозы внесения рабочего материала осуществляется бортовым компьютером.

Отечественные машины для поверхностного внесения гранулированных удобрений, к сожалению, в настоящее время сильно проигрывают зарубежным аналогам в вопросах равномерности распределения удобрений по поверхности поля. При работе без маркёров достижение равномерности посева около 15 – 25 %, которая предусмотрена агротехническими требованиями, труднодостижаемо. Такие значения неравномерности достигаются при испытаниях и правильном расчёте перекрытий проходов. Горизонтальные рабочие органы, применяемые на отечественных машинах, имеют существенный недостаток: при увеличении потока подаваемых удобрений часть материала не успевает достигнуть поверхности лопаток и сыпается в непосредственной близости диска, не разогнавшись до нужной скорости. В результате, в ходе эксплуатации отечественных машин сельхозтоваропроизводители отмечают значительно более высокий уровень неравномерности.

На российском рынке имеет место большой спектр зарубежных образцов техники для внесения удобрений. Большую популярность среди крупных агрохолдингов заслужили машины ведущих мировых брендов. Компания “AMAZONE” выпускает линейку разбрасывателей AMAZONE ZG-B (рисунок 7).

Рисунок 7 – AMAZONE ZG-B производства компании “AMAZONE”, Германия

Модельный ряд машин AMAZONE ZG-B представлен моделями ZG-B 5500 и ZG-B 8200, которые отличаются друг от друга объёмом бункера (5500 л и 8200 л соответственно) [10]. Ширина посева у таких машин до 48 метров. В зависимости от комплектаций привод транспортера возможен от ВОМ, от колеса, а также гидравлический с электронным управлением.

Высокая точность внесения и большая рабочую ширину захвата обеспечивается фирменными распределяющими дисками Omnia-Set OM. За счёт малой собственной массы машины достигается относительно высокая полезная нагрузка (5,9 – 9,8 т). Стенки бункера благодаря сильному уклону позволяют удобрениям равномерно поступать на ленточный транспортер. Конструкция привода способствует сохранению заданной нормы распределения при различной скорости движения, которая, в свою очередь, может увеличиваться, например, на склонах. Привод разбрасывающих тарелок посредством карданного вала даёт возможность им вращаться при отключенном ленточном транспортере с помощью гидравлической переключающей муфты. Двойные заслонки позволяют выполнить одностороннее отключение разбрасывания.

В условиях пересечённого рельефа местности использование машин прицепной конструкции с центробежными разбрасывающими рабочими органами вызывает трудности ввиду того, что требования почвозащитного земледелия допускают движение агрегата только поперёк склона.

Таким образом, материал в бункере скатывается к тому или иному борту, что может привести к неравномерности разброса удобрений по ширине. Этот недостаток учтён в конструкции образца распределителя, разработанного ФГБОУ ВО «Курская ГСХА» [13].

Компания “Sulky-Burel” производит две линейки прицепных распределителей удобрений с разными механизмами распределения [15]: с рабочими органами в форме дисков, а также со штанговым вариантом конструкции распределителей (рисунок 8).

Рисунок 8 – Машина для поверхностного внесения удобрений Sulky Polyvrac XT160H

Модельный ряд машин Sulky Polyvrac XT представлен вариантами XT 100, XT 130 и XT 160 ёмкостью бункера 7200 л, 9500 л и 13000 л соответственно и рабочей шириной захвата до 18 – 50 метров. Необходимая мощность на привод ВОМ 100, 110 и 140 л.с. соответственно. Машина не сложно перенастраивается для внесения пылевидных и гранулированных удобрений. Для внесения удобрений на машины Sulky Polyvrac XT160 устанавливаются двухлопастные диски. Подача удобрений к дискам осуществляется посредством ленточного транспортёра, привод которого производится через зубчатую передачу.

Отличительная особенность линейки штанговых машин - наличие шнековых рабочих органов, приводимых в движение гидромоторами. Конструкция штанг позволяет регулировать рабочую ширину захвата в пределах 6 – 12 м. Для исключения забивания бункера уклон нижней площадки составляет 3 градуса.

Машины для внесения удобрений с большим объёмом бункера, как у AMAZONE ZG-B, Sulky Polyvrac XT и других машин требуют дополнительных погрузочных средств, что предполагает дополнительные затраты времени смены на загрузку разбрасывателя при перегрузочной и перевалочной технологиях внесения.

В современных условиях для равномерного распределения удобрений по времени внесения и по площади поля разрабатывают способы и устройства дифференцированного припосевного внесения основных и стартовых доз минеральных удобрений. С этой целью получают и интерпретируют данные по плодородию почвы в системе глобальных координат. Используя функции отзывчивости возделываемой культуры на каждом элементарном участке поля, получают подробную электронную карту потребности культуры в минеральных удобрениях, на основе которой определяют необходимые дозы внесения удобрений. По данным такой карты микропроцессор управляет работой дозатора минеральных удобрений и магнитными клапанами распределительной головки пневматической системы распределения минеральных удобрений. Так называемая глобальная система позиционирования позволяет снизить неравномерность распределения удобрений до 5 % [16,17].

Выводы. Ведущие фирмы-производители машин для внесения удобрений фактически выравнивали уровень технического обеспечения машин. Производителям сложно опередить конкурентов революционными решениями, хотя в области автоматизации и в настоящее время появляются оригинальные решения.

На сегодняшний день на российском рынке представлено большое количество машин от ведущих производителей, разрабатывающих разбрасыватели гранулированных удобрений.

Эффективное использование таких машин предполагает высокую квалификацию инженерно-технической службы и соответствующие навыки обслуживающего персонала в сфере ремонта разбрасывателей, правильного использования технической литературы и умения правильно осуществлять технологические регулировки.

Задачами исследователей при разработке и научном техническом обосновании таких устройств являются упрощение конструкций при повышении эффективности распределения удобрений, удобства их транспортировки, а также совершенствование конструкций существующих механизмов с целью удешевления их производства.

Список литературы

1. Ефимов В.Н., Донских И.Н., Синицын Г.И. Система применения удобрений – М.: Колос. – 1984. – 272 с.
2. Гарзанов А.Л., Дорофеева О.А. Производство гранулированных органических и органоминеральных удобрений из помёта и навоза – наилучшие доступные технологии их утилизации // Труды ИАЭП. – 2018. – № 95 – С. 224 – 231.
3. Смирнов П.М., Муравин Э.А. Агрохимия. – М.: Колос. – 1971. – С. 110 – 127.
4. Высочкина Л.И., Данилов М.В. и др. Технология механизированных работ в сельском хозяйстве: Учебник. – Санкт-Петербург: Лань. – 2020. – 288 с.
5. Варавин В.И., Коротков И.В. Перспективы повышения эффективности использования посевных машин / В кн.: Молодежная наука - гарант инновационного развития АПК (материалы X Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, г. Курск, 19 – 21 декабря 2018 г., ч.3). – Курск: Изд-во Курск.гос. с.-х. ак. – 2019. – С. 251 – 254.
6. Совершенствование технологии транспортировки, хранения и внесения удобрений. РГАУ-МСХА. Зооинженерный факультет. / URL: <https://www.activestudy.info/sovershenstvovanie-tehnologii-transportirovki-xraneniya-i-vneseniya-udobrenij/> (дата обращения 25.10.2020).
7. Проспекты и презентации фирмы Amazone. / URL: <https://www.amazone.ru/> (дата обращения 27.10.2020).
8. Патент РФ №191029 МПК A01C17/00. Дисковый разбрасыватель гранулированных минеральных удобрений / Гайбарян М.А., Новиков Н.Н., Сидоркин В.И. – опубл. 2019.07.22.
9. Патент РФ № 2448448 МПК A01C17/00. Разбрасыватель минеральных удобрений / Родимцев С.А., Амелин А.В., Казмин В.М. – опубл. 2012.04.27.
10. Патент РФ № 2492616 МПК A01C17/00. Разбрасыватель минеральных удобрений. / Черноволов В.А., Таранов М.А., Луханин В.А. и др. – опубл. 20.09.2013.
11. А.с. № 182943 МПК A01C, / Гайдаленок Д.Н., Иевиньш Я.К. – опубл. 09.06.66.
12. Разбрасыватель минеральных удобрений навесной. / URL: <https://polemo.ru/razbrasivatel-mineralnyh-udobrenij-navesnoj.html> (дата обращения 27.10.2020).
13. Машина для внесения удобрений МВУ-6. Компания Промтехсервис. / URL: <https://прицепы-орион.рф/mvu-6> (дата обращения 27.10.2020).
14. Кузнецов В.В. Сельскохозяйственные машины. Сборник лекций по дисциплине: учебно-методическое пособие в 6 частях – Брянск: Брянский ГАУ. – 2018 – 116 с.
15. Репетов А.Н. Низкорамный разбрасыватель минеральных удобрений // Картофель и овощи. – 1976. – № 4. – С. 15 – 18.
16. Лепшеев О.М. Обоснование конструктивно-режимных параметров низкорамной машины для внесения минеральных удобрений: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства. – Курск. – 1998. – 216 с.
17. Беседин Б.П. Исследование параметров роторного рабочего органа разбрасывателя органоминеральных удобрений: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства. – Курск. – 2017. – 160 с.
18. БобруйскАгроМаш: Распределитель минеральных удобрений РУ-7000. / URL: https://bobruiskagromach.com/catalog/technique_for_application_of_fertilizers/machines_for_mineral_fertilizers/ru_7000/ (дата обращения 27.10.2020).
19. Проспекты компании Sulky Burel. / URL: <https://www.sulky-burel.ru.com/> (дата обращения 28.10.2020).
20. Личман Г.И., Беленков А.И. Системы глобального позиционирования и их совершенствование // Нивы Зауралья. – 2014. – № 10. – С. 66 – 68.
21. Патент РФ № 2452167 МПК C1, A01C21/00. Способ и устройство дифференцированного припосевного внесения основных и стартовых доз минеральных удобрений / Марченко Н.М., Марченко А.Н., Лобачевский Я.П., Личман Г.И. и др. – опубл. 2012.06.10.

References

1. Efimov V.N., Donskih I.N., Sinicyn G.I. Sistema primeneniya udobrenij – M.: Kolos. – 1984. – 272 s.
2. Garzanov A.L., Dorofeeva O.A. Proizvodstvo granulirovannyh organicheskikh i organomineral'nyh udobrenij iz pomjota i navoza – nailuchshie dostupnye tehnologii ih utilizacii // Trudy IAJeP. – 2018. – № 95 – S. 224 – 231.
3. Smirnov P.M., Muravin Je.A. Agrohimiya. – M.: Kolos. – 1971. – S. 110 – 127.
4. Vysochkina L.I., Danilov M.V. i dr. Tehnologija mehanizirovannyh rabot v sel'skom hozjajstve: Uchebnik. – Sankt-Peterburg: Lan'. – 2020. – 288 s.
5. Varavin V.I., Korotkov I.V. Perspektivy povysheniya jeffektivnosti ispol'zovaniya posevnyh mashin / V kn.: Molodezhnaja nauka - garant innovacionnogo razvitija APK (materialy X Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoi konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchjonyh, g. Kursk, 19 – 21 dekabrja 2018 g., ch.3). – Kursk: Izd-vo Kursk.gos. s.-h. ak. – 2019. – S. 251 – 254.
6. Sovershenstvovanie tehnologii transportirovki, hraneniya i vneseniya udobrenij. RGAU-MSHA. Zoonzhenernyj fakul'tet. / URL: <https://www.activestudy.info/sovershenstvovanie-texnologii-transportirovki-xraneniya-i-vneseniya-udobrenij/> (data obrashhenija 25.10.2020).
7. Prospekty i prezentacii firmy Amazone. / URL: <https://www.amazone.ru/> (data obrashhenija 27.10.2020).
8. Patent RF №191029 MPK A01S17/00. Diskovyj razbrasyvatel' granulirovannyh mineral'nyh udobrenij / Gajbarjan M.A., Novikov N.N., Sidorkin V.I. – opubl. 2019.07.22.
9. Patent RF № 2448448 MPK A01S17/00. Razbrasyvatel' mineral'nyh udobrenij / Rodimcev S.A., Amelin A.V., Kazmin V.M. – opubl. 2012.04.27.
10. Patent RF № 2492616 MPK A01S17/00. Razbrasyvatel' mineral'nyh udobrenij. / Chernovolov V.A., Taranov M.A., Luhanin V.A. i dr. – opubl. 20.09.2013.
11. A.s. № 182943 MPK A01S, / Gajdalenok D.N., Ievin'sh Ja.K. – opubl. 09.06.66.
12. Razbrasyvatel' mineral'nyh udobrenij navesnoj. / URL: <https://polemo.ru/razbrasyvatel-mineralnyh-udobrenij-navesnoj.html> (data obrashhenija 27.10.2020).
13. Mashina dlja vneseniya udobrenij MVU-6. Kompanija Promtehservis. / URL: <https://pricepy-orion.rf/mvu-6> (data obrashhenija 27.10.2020).
14. Kuznecov V.V. Sel'skhozjajstvennye mashiny. Sbornik lekcij po discipline: uchebno-metodicheskoe posobie v 6 chastjah – Brjansk: Brjanskij GAU. – 2018 – 116 s.
15. Repetov A.N. Nizkoramnyj razbrasyvatel' mineral'nyh udobrenij // Kartofel' i ovoshhi. – 1976. – № 4. – S. 15 – 18.
16. Lepsheev O.M. Obosnovanie konstruktivno-rezhimnyh parametrov nizkoramnoj mashiny dlja vneseniya mineral'nyh udobrenij: diss. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01 – Tehnologii i sredstva mehanizacii sel'skogo hozjajstva. – Kursk. – 1998. – 216 s.
17. Besedin B.P. Issledovanie parametrov rotornogo rabocheho organa razbrasyvatelja organo-mineral'nyh udobrenij: diss. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01 – Tehnologii i sredstva mehanizacii sel'skogo hozjajstva. – Kursk. – 2017. – 160 s.
18. BobrujskAgroMash: Raspreditel' mineral'nyh udobrenij RU-7000. / URL: https://bobruiskagromach.com/catalog/technique_for_application_of_fertilizers/machines_for_mineral_fertilizers/ru_7000/ (data obrashhenija 27.10.2020).
19. Prospekty kompanii Sulky Burel. / URL: <https://www.sulky-burel.ru.com/> (data obrashhenija 28.10.2020).
20. Lichman G.I., Belenkov A.I. Sistemy global'nogo pozicionirovaniya i ih sovershenstvovanie // Nivy Zaural'ja. – 2014. – № 10. – S. 66 – 68.
21. Patent RF № 2452167 MPK S1, A01S21/00. Sposob i ustrojstvo differencirovannogo priposevnogo vneseniya osnovnyh i startovyh doz mineral'nyh udobrenij / Marchenko N.M., Marchenko A.N., Lobachevskij Ja.P., Lichman G.I. i dr. – opubl. 2012.06.10.

Сведения об авторах**Принадлежность к организации**

Шварц Анатолий Адольфович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: aashwarz@mail.ru.

Шварц Сергей Анатольевич – кандидат технических наук, директор ООО «Меридиан», Россия, г. Курск, e-mail: shwarz@inbox.ru.

Коротков Илья Владимирович – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: koro7kov@yandex.ru.

Ветров Иван Юрьевич – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: Iva-vetrov2008@yandex.ru.

Секретарев Александр Петрович – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курская государственная сельскохозяйственная академия», Россия, г. Курск, e-mail: a_sekretarev@inbox.ru.

Author credentials

Affiliations

Shvartz Anatoly – Full Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: aashwarz@mail.ru.

Shvartz Sergey – Candidate of Technical Sciences, Director of LLC “Meridian”, Russia Kursk, e-mail: shwarz@inbox.ru.

Korotkov Ilya – graduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: koro7kov@yandex.ru.

Vetrov Ivan – graduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: Iva-vetrov2008@yandex.ru.

Sekretarev Alexander – graduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kursk State Agricultural Academy”, Russia, Kursk, e-mail: a_sekretarev@inbox.ru.

Поступила в редакцию (Received): 28.12.2020 Принята к публикации (Accepted): 09.02.2021

УДК 631.354

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-1-22-29

О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

¹Ерохин Геннадий Николаевич
¹Коновский Валерий Викторович

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Разработана математическая модель определения продолжительности уборки зерновых культур в сельхозпредприятии. Модель базируется на прогнозировании эксплуатационной производительности используемых зерноуборочных комбайнов. Это позволяет оценить годовое эксплуатационное время работы комбайнов и продолжительность периода работ по уборке зерновых культур. Модель реализует зависимости увеличения времени устранения технических отказов в процессе старения комбайнов. Данный методический подход повышает точность оценки выходных параметров модели. Проведена апробация модели на примере конкретного сельхозпредприятия. Получено, что при использовании всех имеющихся в сельхозпредприятии зерноуборочных комбайнов суммарная эксплуатационная производительность комбайнового парка составляет 13,7 га/ч, годовое эксплуатационное время – 175 часов. Это позволяет убрать урожай зерновых культур за 17,6 дней или с учетом простоев из-за метеоусловий за 21 день. Фактическая продолжительность уборки составила 23 дня, что свидетельствует о хорошей сопоставимости моделируемых и реальных показателей. Смоделирована продолжительность уборки при обновлении парка комбайнами ACROS 550 и TORUM 750. Получены зависимости продолжительности уборки зерновых культур от урожайности и соломистости при различных вариантах комплектования парка зерноуборочных комбайнов. Выявлено, что при использовании только имеющихся в сельхозпредприятии комбайнов с увеличением урожайности от 25 ц/га до 55 ц/га продолжительность уборки растет в 2,1 раза. При обновлении парка комбайнами TORUM 750 с ростом урожайности от 25 ц/га до 55 ц/га