

## **ОБЗОР И АНАЛИЗ МАШИН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

Н. И. ДУДКО, канд. техн. наук, профессор

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

Д. В. ГРЕКОВ, ст. преподаватель

С. А. СИДОРОВ, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Успешное выполнение Государственной программы возрождения и развития села неразрывно связано с проблемой повышения плодородия почв, эффективного использования земельных ресурсов, новейших достижений науки и практики [1].

Основой повышения почвенного плодородия, непрерывного увеличения урожайности всех сельскохозяйственных культур в настоящее время стали всесторонняя химизация и механизация сельскохозяйственного производства. Научкой и практикой доказано, что в Республике Беларусь, где естественное плодородие почв находится на высоком уровне, а влажность достаточная, внесение удобрений обеспечивает до 75 % прироста урожая. При этом около 60 % питательных веществ вносится в почву с минеральными удобрениями (туками). Промышленность нашей республики выпускает как простые минеральные удобрения, содержащие один элемент питания, так и комплексные (сложные, сложно-смешанные и смешанные), содержащие два-три элемента питания, а также твердые и жидкие.

Однако широкое использование химических удобрений вызывает усиление процессов минерализации органического вещества почвы. Это приводит к необходимости производства и рационального использования органических удобрений. К органическим удобрениям относятся навоз, торф, птичий помет, торфонавозные компосты, сапрпель, солома, осадки сточных вод, твердые бытовые и производственные отходы, содержащие органические вещества. На долю органических удобрений в общем балансе вносимых в почву питательных веществ приходится около 40 %. Систематическое внесение навоза и компостов обеспечивает более эффективное использование минеральных удобрений и других средств химизации, что в совокупности улучшает физико-механические свойства почвы и способствует повышению урожайности возделываемых культур [2, 3, 4].

**Основная часть.** В технологической цепи применения удобрений последним звеном является их внесение и заделка в почву. При этом основные показатели, характеризующие качество выполнения технологического процесса, – доза внесения, неравномерность распределения, нестабильность дозы, рабочая ширина захвата машины. Основной операцией, качество выполнения которой значительно сказывается на эффективности удобрений, является распределение их по поверхности почвы [5, 6].

Согласно данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», эффективность твердых и жидких минеральных удобрений находится в прямой зависимости от показателя неравномерности их внесения, то есть снижение неравномерности внесения удобрений на 1 % приводит к увеличению прибавки урожая за их счет также на 1 %, и наоборот.

Показатель неравномерности распределения удобрений сверх допустимого уровня должен рассматриваться не только как причина недобора урожая сельскохозяйственных культур, но и как причина потерь самих удобрений.

Основной парк машин в республике составляют машины с центробежными дисковыми распределяющими рабочими органами. Это навесные – РУС-0,7А; Л-116; АБУ-0,7; РУ-1600; РДУ-1,5 и прицепные – РУ-3000; МТТ-4У; МВУ-5, РУ-7000 (рис. 1).



РШУ-12



МТТ-4У



РУ-7000

Рис. 1. Машины для внесения минеральных удобрений

Все перечисленные машины, за исключением МТТ-4У и МВУ-5, РУ-7000, оборудованы дисками по типу зарубежных – с регулируемыми лопатками как по углу установки, так и по их длине. При этом возможное количество положений лопаток на диске превышает 900. Очевидно, что в данном случае при отсутствии специальных стенов для оперативной настройки машин выполнить их правильную регулировку весьма затруднительно. Поэтому каждый раз при изменении вида вносимого удобрения и доз необходимо сверять положение лопаток с рекомендуемым руководством по эксплуатации положением.

От этого зависит рабочая ширина захвата, а, следовательно, и расстояние между смежными проходами агрегата. Кроме того, качество работы центробежных машин зависит от качества вносимых минеральных удобрений (спектр размеров и формы гранул, сыпучести), состояния рельефа поля, выровненности почвы, скорости ветра, квалификации механизатора и его добросовестности (строгое соблюдение заданной скорости движения), рабочей скорости и т. д.

Очевидно, чтобы внести минеральные удобрения с допустимой неравномерностью (допустимый коэффициент вариации для азотных удобрений  $\pm 10\%$ , для калийных и фосфорных  $\pm 20\%$ ) центробежными рассеивателями, необходимо строго следовать требованиям регламента выполнения работ.

Есть и другие причины, свидетельствующие о сложности получения в наших условиях высокого качества внесения удобрений центробежными рассеивателями.

На рис. 2, а показано правильное расположение машины относительно поверхности поля и трактора. На рис. 2, б – машина отклонена назад на угол  $\alpha$ . При этом ширина разбрасывания существенно меньше расчетной. Следовательно, плотность высева удобрений на единицу площади будет выше расчетной, появятся огрехи между смежными проходами. На рис. 2, в ось машины отклонена от вертикали вперед на угол  $\alpha$ . При этом также изменяется дальность полета частиц и, соответственно, изменяется доза удобрений на единицу площади поля.

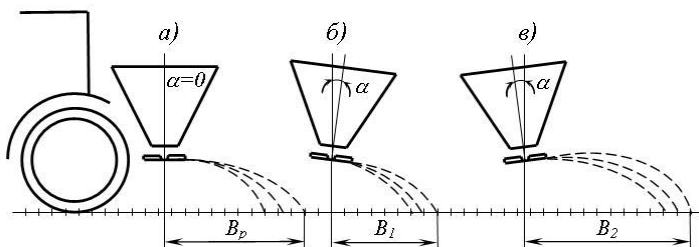


Рис. 2. Влияние отклонения от вертикали оси рассеивателя в продольной и поперечной плоскости на неравномерность внесения удобрений

Из рис. 3 видно, что при уменьшении высоты навешивания машины в сравнении с расчетной дальность полета частиц значительно уменьшается, и наоборот. Соответственно изменяется и доза удобрений на единицу площади. Причиной тому – любая неисправность гидросистемы трактора. Под действием веса рассеиватель всегда стремится опуститься вниз, даже при положении золотника гидрораспределителя «заперто». Механизатор вынужден поднимать машину на максимально возможную высоту, а это одновременно приводит к ее положениям, показанным на рис. 2, б и в.

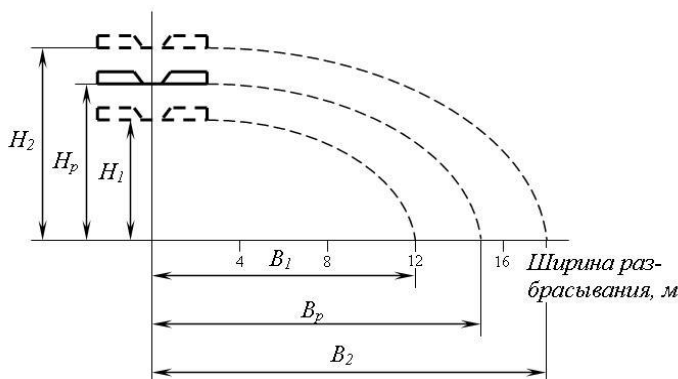


Рис. 3. Влияние высоты расположения рассеивателя относительно поверхности почвы на неравномерность внесения удобрений

Рассмотренные положения навесного центробежного рассеивателя являются систематическими не только по причине неправильной его навески на гидросистему трактора, но и из-за неровности удобряемых полей. Если же учесть еще и снос брошенных частиц ветром, то становится совершенно очевидной проблематичность получения распределения удобрений этими машинами в допустимых пределах.

Этого недостатка лишены прицепные центробежные разбрасыватели, у которых высота расположения дисков над поверхностью поля практически постоянна.

Что касается использования центробежных разбрасывателей на подкормке сельхозкультур, то, если подходить строго, они не должны применяться в период более поздней вегетации. Это объясняется тем, что брошенные диском частицы локализуются при встрече со стеблестоем (рис. 4).

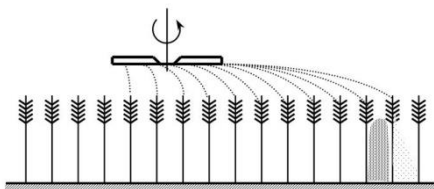


Рис. 4. Локализация удобрений при взаимодействии со стеблестоем

На качество внесения удобрений центробежными машинами в значительной степени влияет скорость ветра. Чем сильнее ветер, тем выше неравномерность распределения. В нашей стране 70 % времени в году скорость ветра превышает 3 м/с.

Практически всех этих недостатков лишены навесные штанговые подкормщики РШУ-12, РШУ-18 (новейший вариант) (рис. 5) и прицепные штанговые машины МТТ-4Ш и РМУ-11000Ш конструкции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», а также СУ-12 (изготовитель «Лидагропромаш»). Машины РШУ-18 и РМУ-11000Ш (новейшие варианты) предназначены для высокоточного внесения минеральных удобрений.



Рис. 5. Подкормщик РШУ-18

Специальные опыты РУП «Институт почвоведения и агрохимии», практика передовых хозяйств показали, что использование подкормщиков РШУ-12 и РШУ-18 в сравнении с центробежным разбрасывателем за счет более равномерного распределения удобрений обеспечивает прибавку урожая зерновых до 4,2 ц/га.

Для внесения основных и подкормочных доз жидких минеральных удобрений (КАС) нами также разработана высокоэффективная штанговая машина АПЖ-12 (изготовитель ОАО «Бобруйскагропромаш»). Особенностью ее работы является высокое качество распределения даже

загрязненных посторонними включениями удобрений, что немаловажно для наших условий их хранения.

Повышение плодородия почв в Республике Беларусь отнесено к числу важнейших государственных задач. Одним из определяющих показателей плодородия почв является содержание в ней гумуса. По результатам обследования оно в среднем составляет 2,25 %. Основным источником для образования гумуса – органические удобрения, одним из их видов является навоз. Современное сельское хозяйство немислимо без широкого применения навоза (твердого, полужидкого и жидкого).

Высокая эффективность навоза доказана многовековой историей применения, а исследования свидетельствуют о разносторонности положительного влияния навоза на почву и сельскохозяйственные культуры. Он в условиях Республики Беларусь с ее высокоразвитым животноводством является огромным ресурсом, источником пополнения гумуса в почве, запасы которого определяют показатель ее плодородия. Из элементов питания, содержащихся в кормах, в составе навоза в почву возвращается 70–90 % азота, до 70–80 % фосфора, 80–95 % калия и 40–50 % органического вещества. В навозе, кроме основных элементов питания растений (NPK), содержатся различные микроэлементы. Так, 1 т навоза при хорошей агротехнике на подзолистых почвах обеспечивают прибавку урожая 0,8–1,0 ц/га.

В зависимости от способа содержания животных и системы удаления навоза из помещений получают твердый, полужидкий, жидкий навоз.

Для внесения твердого навоза в Беларуси выпускают машины ПРТ-7А, ПРТ-11, МТУ-15, МТУ-18, МТУ-20, МТУ-24 грузоподъемностью 7, 11, 15, 18, 20 и 24 т соответственно. Эти машины вполне совершенны и обеспечивают необходимое качество распределения твердых удобрений по полю.

Машины МТУ-15, МТУ-18 и МТУ-20 абсолютно идентичны.

Конструктивные отличия МТУ-15 только у кузова – борта машины сварные из стальных гнутых профилей и составляют единую конструкцию с рамой машины.

Изменение грузоподъемности машины МТУ-15 по сравнению с машиной МТУ-20 в сторону уменьшения на 5 т заметно не повлияло на ее техническую характеристику и эксплуатационные показатели.

Машина МТУ-11 также абсолютно идентична машинам МТУ-15 и МТУ-20 в устройстве, регулировках, правилах эксплуатации. Отличие состоит в ее грузоподъемности (отсутствуют надставленные борта), что

приводит также к несущественным изменениям технической характеристики машины МТУ-11 по сравнению с МТУ-15.

Полужидкий навоз получают на фермах и комплексах, использующих механические системы удаления навоза (транспортеры типа ТСН, дельта-скреперы). Он представляет собой смесь кала и мочи животных влажностью 86–92 %. В состав смеси может попадать небольшое количество остатков корма и подстилки, например, до 1 кг на 1 корову в сутки. В нашей стране ежегодно накапливается до 10 млн. т такой органики.

Навозохранилищ для хранения полужидкого навоза в хозяйствах недостаточно, или они вовсе отсутствуют. Поэтому такой навоз попросту отвозят от ферм прицепами общего назначения типа ПТС-4 и выливают на поля, где он растекается, высыхает, а аммиачный азот из него улетучивается, нанося вред окружающей природной среде.

Внести его обычными машинами для внесения твердого навоза не представляется возможным. Нельзя также использовать для его внесения машины для жидкой органики.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана самозагружающаяся машина для транспортировки и поверхностного внесения полужидкого навоза МПН-16.

Основными составными частями машины МПН-16 являются кузов, подающе-смешивающее устройство, загрузочная штанга и распределяющее устройство.

Кузов сварной, в нижней части полуцилиндрический с вертикальными бортами. Внутри кузова расположены перегородки для гашения гидравлических ударов, возникающих при транспортировке навоза. Сверху кузов закрывается крышкой, открытие и закрытие которой осуществляется с помощью гидроцилиндра из кабины трактора.

Подающе-смешивающее устройство предназначено для предотвращения расслоения навоза перед его внесением. Размещается в нижней части кузова и представляет собой прерывистый ленточный шнек, побуждающий массу навоза к перемещению к задней стенке кузова, снаружи которой расположен переходной патрубок с дозирующей заслонкой. Привод подающе-смешивающего устройства осуществляется от ВОМ трактора посредством карданного вала, цилиндрического редуктора и цепной передачи.

Загрузочное устройство используется для забора навоза из хранилищ. Работает машина следующим образом (рис. 6).



Рис. 6. Машина МПН-16 в работе

Тракторист подъезжает к навозохранилищу, опускает загрузочную штангу до полного окунания загрузочного насоса в навоз и осуществляет самозагрузку кузова. После загрузки переезжает на поле к месту внесения. В процессе переезда к полю и во время внесения с помощью расположенного в кузове подающе-смешивающего устройства навоз доводят до однородного состояния. По прибытии к полю по настроечным таблицам определяют величину открытия дозирующей заслонки и скорость движения агрегата. Включают привод разбрасывающего устройства и с началом движения открывают дозирующую заслонку на необходимую величину. Частицы полужидкого навоза, поступающие на вращающиеся лопасти ротора, выбрасываются ими через выбросное окно в направлении, поперечном продольному движению агрегата. Благодаря конусообразной лопасти поток навоза, сходящий с нее, становится более компактным, что уменьшает степень его дробления и распыления, снижая тем самым потери аммиачного азота. После внесения необходимо произвести заделку навоза в почву.

Управление рабочими органами машины осуществляется из кабины трактора с помощью гидрораспределителя трактора и пульта управления.

Машину МПН-16 можно использовать не только при внесении навоза на поля, но и для послонной его укладки на бурты при приготовлении торфо-соломо-навозных компостов. Изменением ширины выгрузного окна распределителя и частоты его вращения можно достичь необходимой ширины внесения навоза в компостный бурт.

Машины для транспортировки и внесения жидкого навоза, влажность которого составляет 92–97 %, также выпускаются в Беларуси ОАО «Управляющая компания холдинга “Бобруйск-

агромаш»». Это машины МЖТ-6, МЖТ-11, МЖУ-16, МЖУ-20 грузоподъемностью соответственно 6, 11, 16 и 20 т.

Эти машины работают по принципу разбрызгивания, что приводит к потере до 90 % аммиачного азота. Поэтому в мировой практике такой принцип работы машин не используется.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана перспективная, экологически состоятельная машина МПВУ-16, оборудованная сменными адаптерами для поверхностного и внутрипочвенного внесения жидкого навоза (рис. 7).

Использование адаптера штангового со шлангами-понижителями (рис. 7, а) позволяет распределять жидкие удобрения по поверхности поля с неравномерностью, не превышающей 15 %, при этом потери аммиачного азота не превышают 30 %.

При использовании машины, оснащенной дисковым адаптером (рис. 9, б), неравномерность также не превышает 15 %, а потери аммиачного азота при этом снижаются до 10 %.



Рис. 7. Машина для внесения жидкого навоза МПВУ-16: а – с адаптером штанговым для поверхностного внесения жидкого навоза; б – с адаптером дисковым для внутрипочвенного внесения жидкого навоза

Наиболее эффективным с эколого-экономической точки зрения способом сохранения аммиачного азота, поступающего в почву при внесении жидких органических удобрений, является разработка машин со сменными адаптерами, что позволяет существенно сократить потери азота и снизить неравномерность распределения жидких органических удобрений до 15 %.

Использование машин для внутрипочвенного внесения удобрений в почву в сравнении с поверхностным снижает потери элементов питания растений в 7–10 раз.

Технология внутрипочвенного внесения жидкого навоза позволяет существенно снизить загрязнение окружающей среды. В результате устранения потерь аммония в атмосферу и поверхностного стока позволяет использовать жидкий навоз на полях со сложным рельефом.

Внесение органических удобрений в почву увеличивает содержание гумуса, вследствие чего улучшаются ее физико-химические свойства.

Прирост органического углерода в почве на 0,1 % снижает ее плотность на 0,01 %, вследствие чего снижается удельное сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин.

**Заключение.** Важнейшим условием своевременного и качественного внесения минеральных и органических удобрений является наличие и состав машинно-тракторного парка, подготовка его к работе, уровень подготовки механизаторов, организация труда, трудовая дисциплина. Это обеспечивает своевременность и качество выполненных работ и в конечном счете получение высокого урожая.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: с изм. и доп. от 3 апреля 2017 г. // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – 2017. – 5/43542.
2. Степук, Л. Я. Технологии и машины для внесения минеральных удобрений: монография / Л. Я. Степук, Н. И. Дудко, В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2010. – 260 с.
3. Дудко, Н. И. Ресурсосберегающие технологии и машины для внесения минеральных удобрений и посева зерновых культур / Н. И. Дудко, В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2011. – 296 с.
4. Степук, Л. Я. Машины для применения средств химизации в земледелии: учеб. пособие / Л. Я. Степук, В. Н. Дашков, В. Р. Петровец. – Минск: Дикта, 2006. – 441 с.
5. Степук, Л. Я. Машины для современных и перспективных технологий / Л. Я. Степук. – Горки, 2007. – 178 с.
6. Петровец, В. Р. Подготовка к работе комбинированных агрегатов и работа на них / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Горки, 2002. – 12 с.

УДК 631 363:636.085

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ**

В. И. ПЕРЕДНЯ<sup>1</sup>, д-р техн. наук профессор  
А. А. РОМАНОВИЧ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент  
Е. В. ГАРГУН<sup>2</sup>, студент

<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
<sup>2</sup>УО БГАТУ,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Для обработки зерна с целью «раскрытия» крахмала на практике используют различные технологии. Термический способ