

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Инновационные разработки в автотракторной технике / А. Н. Карташевич. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. – 244 с.
2. Машинный парк [Электронный ресурс]. – Седелный тягач «МАЗ-5440М9». – Режим доступа: <https://mpark.pro/experience/138-maz-5440m9.html>. – Дата доступа: 01.11.2019.
3. Легкие фургоны и микроавтобусы МАЗ выходят на рынок [Электронный ресурс]. – МАЗ-281-040. – Режим доступа: <https://news.dr-om.ru/68865.html>. – Дата доступа: 01.11.2019.
4. Руководство по эксплуатации трактора «BELARUS-3525». ПО «Минский тракторный завод», 2018 г.
5. Руководство по эксплуатации трактора «BELARUS-622.5». ПО «Минский тракторный завод», 2019 г.

УДК 631.331

### **ОБЗОР И АНАЛИЗ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**В. С. АСТАХОВ**, д-р техн. наук, профессор

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

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

**И. В. КОРОТКЕВИЧ**, магистрант

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

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

Основой повышения почвенного плодородия, непрерывного увеличения урожайности всех сельскохозяйственных культур в настоящее время стали всесторонняя химизация и механизация сельскохозяйственного производства. Научой и практикой доказано, что в Республике Беларусь внесение удобрений обеспечивает до 75 % прироста урожая. При этом около 60 % питательных веществ вносится в почву с минеральными удобрениями (туками). В технологической цепи применения удобрений последним звеном является их внесение и заделка в почву. При этом основными показателями, характеризующими качество выполнения технологического процесса, являются: доза внесения, нерав-

номерность распределения, нестабильность дозы, рабочая ширина захвата машины.

Основной операцией, качество выполнения которой значительно отражается на эффективности внесения удобрений, является распределение их по поверхности почвы.

Согласно данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», эффективность твердых и жидких минеральных удобрений находится в прямой зависимости от показателя неравномерности их внесения, т. е. 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.

Распределяющие рабочие органы машин для внесения твердых минеральных удобрений условно разделяют на бросковые метатели и штанговые. Среди всех бросковых метателей в настоящее время используются только центробежные дисковые разбрасыватели. В парке машин для внесения твердых минеральных удобрений в сельском хозяйстве нашей страны их доля составляет почти 100 % [1].

Распределяющие рабочие органы таких машин представляют собой один или два вращающихся в горизонтальной плоскости диска с лопатками. Диски могут быть плоскими и конусными, одно- или двухъярусными, с различной формой, количеством лопаток, регулируемых как по длине, так и по углу наклона их к оси вращения либо жестко закрепленных на диске.

Принцип работы этих машин в буквальном смысле разбрасывание удобрений. Они обеспечивают «внесение» удобрений в большом диапазоне доз, просты в конструктивном исполнении, надежны в работе, имеют низкое отношение массы к массе загружаемых удобрений и низкие затраты на техническое обслуживание.

Однако центробежные машины практически не обеспечивают требуемого качества распределения удобрения из-за влияния на неравномерность внесения их многочисленных сторонних факторов, таких, как рельеф поля, направление и сила ветра, разброс (спектр) размеров частиц, сыпучести удобрений [2].

Кроме того, в значительной степени оказывает влияние на качество внесения удобрений центробежными разбрасывателями исправность энергосредства в целом и гидросистемы его в частности, а также и квалификация механизатора, что подтверждается многочисленными испытаниями [3]. Следовательно, эту группу машин, если подходить

строго, нельзя признать перспективными для внесения минеральных удобрений в условиях нашей республики.

При работе штанговых машин практически исключается влияние на качество внесения удобрений неровности рельефа поля, направление и сила ветра, высота установки штанги над поверхностью поля. В отличие от центробежных разбрасывателей в штанговых машинах удобрения, поступающие из кузова (бункера), транспортируются в поперечном к движению агрегата направлении в специальных кожухах при помощи шнеков, скребковых, ленточных транспортеров или воздушного потока. Ширина захвата штанговых распределителей может достигать значительных величин.

Наиболее типичным представителем пневматических штанговых распределителей минеральных удобрений является сеялка СУ-12 (рис. 1) с шириной захвата 12 м, выполненная на базе узлов зерновой пневматической сеялки СПУ-6 с пневматическим делением потока (изготовитель – ОАО «Лидагропромаш»).

Основной недостаток сеялки СУ-12, ограничивающий ее широкое применение, – это высокая требовательность к качеству вносимых удобрений. Удобрения с влажностью, даже незначительно превышающей стандартную, налипают внутри дозирочных каналов и в пневмотукопроводах, что приводит к резкому увеличению неравномерности. В реальных же условиях почти всегда влажность удобрений выше стандартной, так как они чаще всего хранятся в ненадлежащих условиях. Кроме того, на неравномерность внесения удобрений машинами данного типа влияет длина пневмотукопроводов [4].



Рис. 1. Пневматический штанговый распределитель твердых минеральных удобрений СУ-12 (Беларусь)

С механическим делением потока работает пневматический распределитель модели DPS12 фирмы Nodougis (рис. 2). Аналогичен

принцип работы и у машин JET801-12 фирм «Amazone-Werke», Rauch, Kongskilde серии 4000, ПШ-21,6 НПО «НИКТИМсельхозмаш».

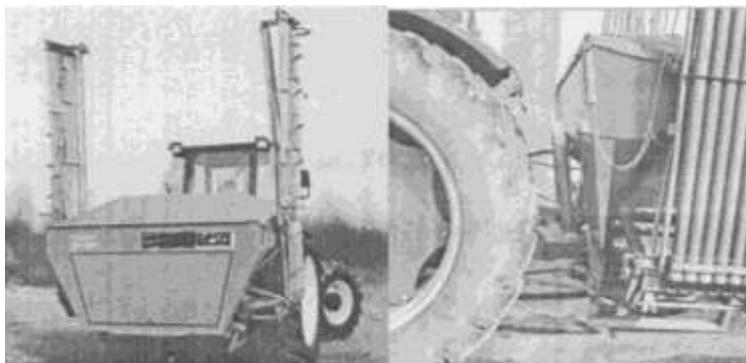


Рис. 2. Пневматический разбрасыватель минеральных удобрений DPS12 фирмы Nodegouis (Франция)

В машинах с механическим делением потока удобрений короче и проще пневмотранспортная система. В целом же машины данного типа имеют те же недостатки, что и сеялка СУ-12 [4].

В силу перечисленных недостатков пневматические штанговые распределители не получили широкого распространения. Именно поэтому все большее распространение в отечественной и зарубежной практике получают шнековые штанговые распределяющие рабочие органы.

Однако высокоточное внесение удобрений с неравномерностью, определяемой коэффициентом вариации менее 10 %, можно обеспечить в условиях Республики Беларусь, только используя штанговые механические или пневматические распределяющие рабочие органы [5, 6].

Наиболее простыми из распределяющих рабочих органов этой группы являются штанги с открытой шнековой высевающе-распределительной системой (рис. 3)

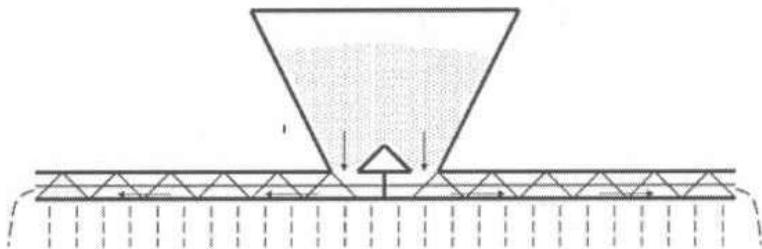


Рис. 3. Схема механической штанги с открытой шнековой высевающе-распределительной системой

Фирма «Bruns» выпускает серию МВА машин для внесения минеральных удобрений, которые могут быть оборудованы как центробежными двухдисковыми аппаратами, так и штангами с открытой шнековой высевающе-распределительной системой шириной захвата 6, 9, 12 и 15 м.

Канал-желоб штанги устанавливается под выпускным окном питателя (цепочно-планчатого транспортера). Внутри его имеются шнеки с правым и левым направлениями витков. В нижней части канала-желоба по всей длине установлены высевающие отверстия с заслонками. Из-за невозможности полного согласования производительности винта шнека и дозирующих отверстий по концам желоба сделаны выпускные окна, через которые сходят остатки удобрений. Однако такое выбрасывание излишка удобрений приводит к повышению неравномерности посева удобрений.

Аналогичная система распределения минеральных удобрений и у таких машин, как ZG3002 и ZG5000 фирмы «Amazone-Werke» (Германия), K105L фирмы «Bredal» (Дания), DPAPolyvrac S120, S160 и D190 фирмы Sulky (Франция), LW108TA и Hspread фирмы «Streumaster» (Германия), модельный ряд «Kurier» фирмы Kuhnmann (Германия) и др.

Проблему с излишком удобрений, выбрасываемых из штанги, решали установкой на концах штанг центробежных дисков или применением возвратных шнековых транспортеров (рис. 4), что в обоих случаях приводит к усложнению конструкции машины.

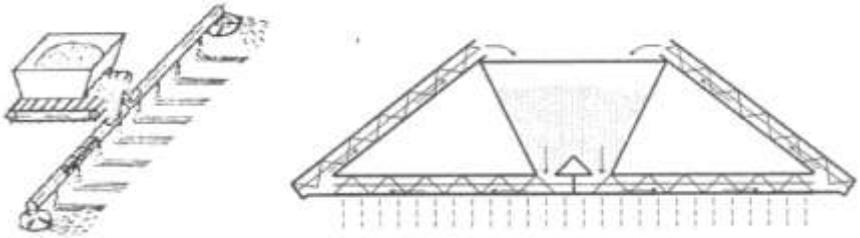


Рис. 4. Схема штангового распределителя в комбинации с центробежными разбрасывателями (слева) и с возвратным шнеком (справа)

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» были разработаны две машины с цепочно-шайбовым распределяющим рабочим органом: навесной распределитель штанговый удобрений РШУ-12 и прицепная машина МТТ-4Ш (рис. 5).

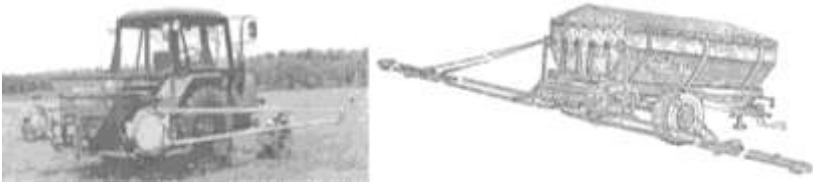


Рис. 5. Штанговые машины с цепочно-шайбовым транспортером РШУ -12 (слева), МТТ-4Ш (справа)

Работает устройство следующим образом. При включенном ВОМ и открытых заслонках удобрения из бункера через выгрузные отверстия поступают в загрузочные горловины штанг. Затем транспортируются по ним цепочно-шайбовым транспортером. Последние перемещают удобрения по рабочим ветвям штанг и выталкивают их через выпускные отверстия на поверхность поля. Избыток удобрений по обратным ветвям штанг возвращается в приемные лотки, затем процесс повторяется.

Однако данный тип штанговых распределителей весьма чувствителен к качеству удобрений. Он обеспечивает высокую равномерность высева только хорошо текучих удобрений стандартной влажности.

С целью повышения устойчивости работы данного распределителя на удобрениях повышенной влажности была сделана попытка использовать линейно движущийся в трубчатом контуре спиральный

рабочий орган вместо цепочно-шайбового. Этот вариант оказался весьма эффективным по устойчивости и качеству высева влажных удобрений, но надежность работы спирального рабочего органа оказалась низкой.

Следует отметить, что основным недостатком всех представленных выше механических штанговых распределяющих рабочих органов является то, что внести ими требуемые дозы удобрений, начиная с подкормочных и кончая основными, с высокой равномерностью практически невозможно, так как для этого необходимо иметь ширину высевных отверстий не более 6 мм, через которые не может быть устойчивого (непрерывного) истечения (высева) удобрений, тем более частиц повышенной влажности.

Кроме того, рассмотренные механические штанговые распределяющие рабочие органы удобрительных машин имеют ограничение по рабочей ширине захвата. Дело в том, что масса их находится в прямой зависимости от ширины захвата. С увеличением ширины пропорционально возрастает их масса. Поэтому для штанговых машин типа РШУ-12 можно считать предельной ширину захвата 12 м.

Исходя из этого, базовым элементом при разработке перспективной схемы высокоточного распределяющего рабочего органа машин для внесения твердых минеральных удобрений необходимо использовать пневматический распределяющий рабочий орган группового дозирования с установкой дозирующего устройства активного принципа действия, обеспечивающего устойчивое дозирование в широком диапазоне норм внесения гранулированных удобрений от 80 до 800 кг/га, что было подтверждено нами ранее [7].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Степук, Л. Я. Построение машин химизации земледелия / Л. Я. Степук, А. А. Жешко; Нац. акад. наук Беларуси; РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 443 с.
2. 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.
3. Сенько, В. Ф. Повышение качества работы и технологической надежности распределителей минеральных удобрений путем совершенствования штанговых рабочих органов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. / В. Ф. Сенько. – Минск, 1992. – 206 с.
4. Синдяшкина, Р. И. Современные тенденции в производстве, совершенствовании качества и приемов внесения минеральных удобрений: Обзор, информ. / Р. И. Синдяшкина; ВНИИЭСельхоз, ВАСХНИЛ. – М., 1983.
5. Лях, С. И. Результаты государственных приемочных испытаний штанговой ма-

шины МТТ-4Ш для высокоточного внесения твердых минеральных удобрений / С. И. Лях // Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса сельскохозяйственной техники: материалы международной научно-практической конференции. – Минск, 2006. – Ч. 2. – С. 100–107.

6. Степук, Л. Я. Теория и расчет штанговых рабочих органов с замкнутым спиральным транспортером для внесения химических мелиорантов / Л. Я. Степук, И. В. Румянцев, А. И. Юркевич. – Минск: Белсельхозмеханизация, 1993. – 99 с.

7. Астахов, В. С. Результаты испытаний пневматической централизованной высевающей системы при внесении минеральных удобрений / В. С. Астахов // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1997. – № 1. – С. 67–72.

УДК 628.385

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА МЕТАНОВОГО БРОЖЕНИЯ**

А. А. ОСТРЕЙКО, ст. преподаватель

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

**Введение.** В большинстве стран мира биогазовые технологии стали стандартом очистки и утилизации муниципальных и промышленных сточных вод и переработки сельскохозяйственных и твердых бытовых отходов с целью получения биогаза для производства тепловой и электрической энергии и высокоэффективного органического удобрения.

Процессы переработки и утилизации органических отходов путем их разложения в анаэробных условиях с получением горючего газа и его энергетическим применением освоены человечеством со времен глубокой древности, при этом природа биологического процесса разложения органических веществ с образованием метана за прошедшие тысячелетия не изменилась. В современных условиях развития науки и техники созданы оборудование и системы, позволяющие сделать эти «древние» технологии рентабельными и применяемыми не только в странах с теплым климатом, но и в странах с более суровыми континентальными климатическими условиями, такими, как Республика Беларусь.

Получение биогаза из отходов животноводства представляет собой довольно сложный процесс, а для его успешной реализации необходимо решить большое число технологических, технических и экономических вопросов.

Значительные трудности связаны с выбором технологии анаэробного сбраживания, режимами работы и обоснованием параметров тех-