

4. Повышение эффективности использования дополнительных устройств для поверхностной обработки почвенного пласта в пахотных агрегатах / И. С. Крук [и др.] // The 8th International Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering: сборник статей, Poznan, Puszczkowo, Poland, June 25–28, 2013. – С. 13–17.

5. К обоснованию геометрических параметров кольчато-шпоровых катков / И. С. Крук [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: БГАТУ, 2016. – С. 118–122.

6. Результаты экспериментальных исследований воздействия уплотняющих элементов почвообрабатывающего рабочего органа катковой приставки на почву / И. С. Крук [и др.] // Агропанорама. – 2015. – № 4. – С. 2–5.

7. Теоретические исследования воздействия на почву уплотняющих элементов кольчато-прутковых рабочих органов катковых приставок / И. С. Крук [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. агр. навук. – 2017. – № 4. – С. 92–102.

8. Чигарев, Ю. В. Математические основы механики почв / Ю. В. Чигарев, П.Н. Синкевич. – Минск: Технопринт, 2004. – 163 с.

9. Подскребко, М. Д. Соппротивление материалов / М. Д. Подскребко. – Минск: Вышэйшая школа, 2007. – 797 с.

10. Тетеркин, А. Е. Соппротивление материалов. Методическое пособие для самостоятельной работы студентов / А. Е. Тетеркин, Д. Н. Колоско. – Минск: БГАТУ, 2002. – 126 с.

УДК 631.333.4

Поступила в редакцию 12.06.2017

Received 12.06.2017

**Э. В. Дыба, И. Л. Подшиваленко**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*e-mail: dibua-18@mail.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПОДАЧИ ЖИДКОГО НАВОЗА И ПОТРЕБНУЮ МОЩНОСТЬ**

В статье приводятся результаты выполненных исследований неравномерности подачи жидкого навоза и потребной мощности в зависимости от изменения частоты вращения ротора.

*Ключевые слова:* жидкий навоз, машины для внутрпочвенного и поверхностного внесения, роторный распределитель, ротор, патрубок, штуцер, неравномерность, подача, распределение, энергоёмкость, потребная мощность.

**E. V. Dyba, I. L. Podshivalenko**

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»*

*Minsk, Republic of Belarus*

*e-mail: dibua-18@mail.ru*

## **RESEARCH OF INFLUENCE OF FREQUENCY OF ROTATION OF THE ROTOR ON UNEVENNESS OF SUPPLY OF THE LIQUID MANURE POWER**

Results of the executed researches of unevenness of supply of liquid manure and power depending on change of frequency of rotation of a rotor are given in article.

*Keywords:* liquid manure, cars for intra soil and superficial introduction, the rotor distributor, a rotor, a branch pipe, the union, unevenness, giving, distribution, power consumption, power.

### **Введение**

Непременным условием повышения плодородия почв является применение органических удобрений, прежде всего навоза, который обеспечивает не только пищевой режим растений, но и регулирует интенсивность и объем малого биологического круговорота энергии в агроэкосистемах. Использование жидкого навоза, ценность которого как органического удобрения известна, является одним из эффективных способов повышения плодородия почв [1, 2, 3].

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что наиболее рационально использовать жидкий навоз в качестве органического удобрения, непосредственно внося его на поля внутрипочвенным или поверхностным (с применением штанговых машин) способом. Согласно данным агрохимических исследований ученых Дании, при использовании штанговых машин со шлангами-понизителями, обеспечивающими подачу удобрений непосредственно на поверхность поля к корням растений, испаряется всего около 30 % аммиачного азота, а 70 % используется растениями [4, с. 58]. В связи с ужесточением требований к защите окружающей среды наряду с поверхностным внесением жидкого навоза все больше находит применение внутрипочвенный способ внесения. При внесении навоза непосредственно в почву эффективно используется до 90 % аммиачного азота, при этом урожайность сельскохозяйственных культур увеличивается на 10–15 % [5, 6].

На международном рынке сельскохозяйственной техники представлен широкий спектр машин для внутрипочвенного и поверхностного внесения жидкого навоза. Основными фирмами, производящими эти машины, являются Joskin (Бельгия), Kaweco (Нидерланды), Bauer (Австрия), VMR Veenhuis (Нидерланды), Tezborg Agro (США – Канада), Samson Agro (Дания), Zunhammer (Германия), Fliegl (Германия), Pichon (Франция), Maugum Citagri (Франция), Sodimac (Франция) [7–16]. Выпускаемые машины имеют схожую конструкцию, которая предполагает следующие узлы и механизмы: емкость (цистерну), шасси, устройство самозагрузки, системы перемешивания (пневматическая или механическая), подающее, дозирующее и распределяющее устройства.

Основными параметрами, характеризующими работоспособность распределяющих устройств (роторных распределителей), являются неравномерность распределения (подачи) жидкого навоза по шлангам и энергоемкость процесса (потребная мощность). Поэтому исследование неравномерности подачи жидкого навоза, потребной мощности в зависимости от изменения частоты вращения ротора роторного распределителя является актуальной научной задачей.

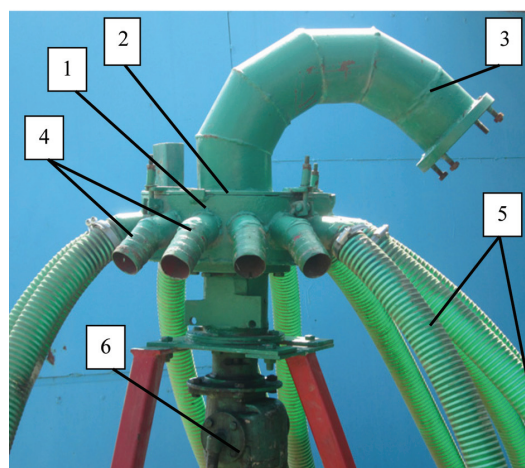
#### Объекты и методы исследования

Объектом исследований являлся роторный распределитель, который исследовался на неравномерность подачи жидкого навоза и потребную мощность в зависимости от изменения частоты вращения ротора. При исследовании применялись абстрактно-логический и расчетно-графический методы.

В результате теоретических исследований [17, 18] нами были обоснованы основные конструктивные и кинематические параметры роторного распределителя, которые позволяют обеспечить наименьшую неравномерность подачи навоза по разливочным шлангам. Очевидно, неравномерность подачи жидкого навоза роторным распределителем по разливочным шлангам зависит от частоты вращения ротора.

Влияние частоты вращения ротора на неравномерность подачи по ширине захвата дискового адаптера определяли, используя экспериментальный образец роторного распределителя (рисунок 1). Опыты проводили при постоянном давлении (0,25 МПа). Привод ротора распределителя осуществлялся от электродвигателя переменного тока. Частоту вращения электродвигателя регулировали с помощью преобразователя частоты переменного тока в пределах от 100 до 350 мин<sup>-1</sup> с интервалом 50 мин<sup>-1</sup>. С его помощью измеряли напряжение, частоту вращения электродвигателя, силу и частоту переменного тока. Используя данные показатели, определяли потребную мощность, затрачиваемую на привод ротора распределителя.

Для отбора проб от каждого разливочного шланга использовали емкости объемом 40 литров. Отбор



1 – цилиндрический корпус; 2 – крышка;  
3 – нагнетательный трубопровод;  
4 – выливные штуцера; 5 – разливочные шланги;  
6 – гидромотор

Рисунок 1. – Роторный распределитель

проб осуществлялся в течение 5 секунд. Отобранные пробы взвешивали на весах. Все измерения проводились в трехкратной повторности. Неравномерность подачи навоза оценивали коэффициентом вариации масс в пробах, отбираемых одновременно из каждого разливочного шланга.

### Результаты исследований

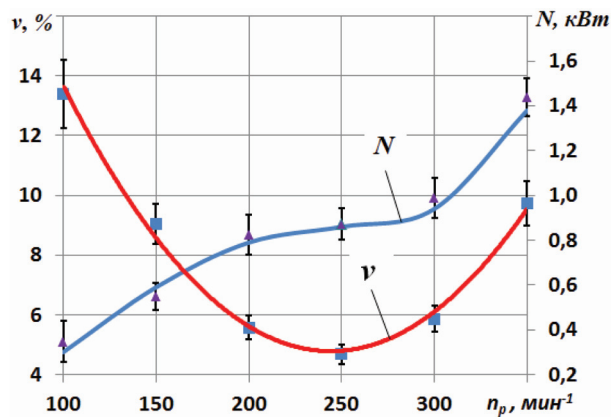


Рисунок 2. – Зависимости неравномерности подачи жидкого навоза роторным распределителем и потребляемой мощности от частоты вращения ротора

Как показали исследования, частота вращения ротора распределителя существенно влияет на неравномерность подачи жидкого навоза по разливочным шлангам и энергоёмкость процесса (рисунок 2). В соответствии с рисунком 2 при увеличении частоты вращения ротора распределителя от 100 мин<sup>-1</sup> до 250 мин<sup>-1</sup> неравномерность распределения  $v$  снижается с 13,39 % до 4,68 %. При дальнейшем увеличении частоты вращения ротора до 350 мин<sup>-1</sup> неравномерность увеличивается до 9,72 %.

Объясняется это тем, что при частоте вращения ротора ниже 250 мин<sup>-1</sup> скорость движения навоза в патрубках ротора  $v_{от}$  (рисунок 3а) значительно больше окружной скорости ротора

на выходе  $v_{ок}$ . В результате этого абсолютная скорость  $v_a$  потока жидкости при входе в выливные штуцера из патрубков ротора направлена в их левую стенку. Это приводит к образованию локальных участков завихрения жидкости и к созданию местных дополнительных сопротивлений для движения навоза на входе в выливные штуцера. В результате поток жидкости, проходя через роторный распределитель, совершает колебательно-вихревое движение, тем самым увеличивается неравномерность подачи жидкого навоза.

При частоте вращения ротора более 250 мин<sup>-1</sup> (рисунок 3б) скорость движения навоза в патрубках ротора  $v_{от}$  меньше окружной  $v_{ок}$ . В результате этого абсолютная скорость потока жидкого навоза  $v_a$  при входе в выливные штуцера из патрубков ротора направлена в их правую стенку. Это также приводит к образованию локальных участков завихрения жидкого навоза и к колебательно-вихревому движению потока жидкости.

При частоте вращения ротора, близкой к 250 мин<sup>-1</sup> (рисунок 3в), абсолютная скорость  $v_a$  потока жидкого навоза направлена параллельно оси выливного штуцера, совпадая по значению и направлению с меридиональной скоростью  $v_m$ . В результате этого поток жидкости, избежав завихрения и пульсации, беспрепятственно входит в выливной штуцер.

При увеличении частоты вращения ротора распределителя от 100 мин<sup>-1</sup> до 350 мин<sup>-1</sup> затраты энергии на его привод растут с 0,35 кВт до 1,38 кВт (рисунок 2). Объясняется это тем,

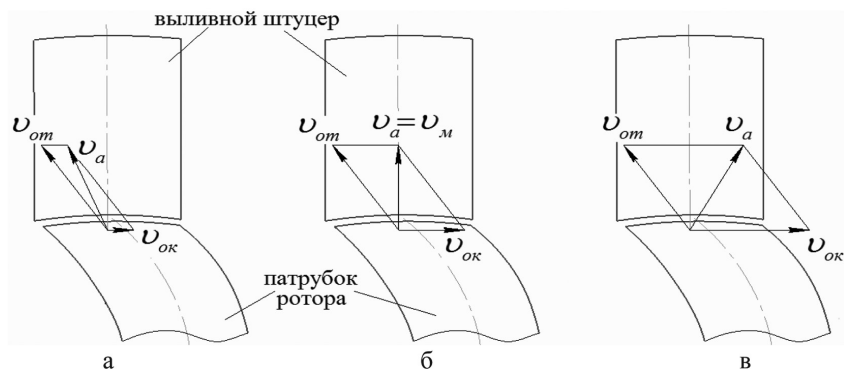


Рисунок 3. – Схемы движения жидкого навоза в сопряжении патрубок – штуцер для различной частоты вращения ротора роторного распределителя

что в системе трубопроводов машины роторный распределитель является источником местных гидравлических сопротивлений, снижающим пропускную способность трубопроводов. При частоте вращения ротора до  $200 \text{ мин}^{-1}$  жидкий навоз движется через роторный распределитель под действием напора, создаваемого вакуум-компрессором. При этом ротор выполняет распределяющую функцию. С увеличением частоты вращения от  $200 \text{ мин}^{-1}$  до  $300 \text{ мин}^{-1}$  ротор сообщает потоку жидкости, проходящему через него, дополнительно энергию, тем самым компенсируя гидравлические потери (поток жидкости без завихрения и пульсации беспрепятственно входит в выливной штуцер). При достижении частоты вращения выше  $300 \text{ мин}^{-1}$  ротор полностью компенсирует гидравлические сопротивления в роторном распределителе, но при этом наблюдаются рост затрат мощности на его привод и увеличение неравномерности подачи жидкого навоза.

### Заключение

Результаты проведенных экспериментов показали, что для обеспечения минимальной неравномерности подачи жидкого навоза (от 4,68 до 6,03 %) роторным распределителем наиболее рациональной представляется частота вращения ротора от  $200 \text{ мин}^{-1}$  до  $300 \text{ мин}^{-1}$ . При данной частоте вращения ротора затраты мощности на его привод составят  $0,79\text{--}0,94 \text{ кВт}$ .

### Литература

1. Алехин, Е. Г. Исследование процесса напорного гидротранспорта на фермах откорма крупного рогатого скота: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Е. Г. Алехин. – М., 1971. – 21 с.
2. Алехин, Е. Г. Методика расчета системы гидротранспорта кормов и экскрементов на фермах откорма КРС / В. Г. Алехин. – М.: Колос, 1971. – 215 с.
3. Рязанов, М. В. Повышение эффективности использования жидких органических удобрений путем разработки и обоснования параметров агрегата для подпочвенного внесения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / М. В. Рязанов. – Мичуринск – Научград, 2009. – 21 с.
4. Пирожак, Б. Попробуйте органику! Современные технологии внесения в почву отходов животноводства / Б. Пирожак // Новое сельское хозяйство. – 2009. – № 2. – С. 58–63.
5. Типовая технология применения жидких органических удобрений / разработ. Н.М. Марченко. – М.: Колос, 1983. – 52 с.
6. Технология внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений. – М.: Колос, 1987. – 60 с.
7. Современное состояние и тенденции развития сельскохозяйственной техники (По материалам Международной выставки «SIMA-2005»): науч.-ан. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 224 с.
8. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом (По материалам Международной выставки «Agritechnica 2003», г. Ганновер, Германия, 9–11 ноября 2003 г.). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 144 с.
9. Официальный сайт компании Pichon [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.pichonindustries.com/se>. – Дата доступа: 6.05.2017.
10. Официальный сайт компании Zunhammer [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.zunhammer.de/de/produkte/verteiltechnik>. – Дата доступа: 18.05.2017.
11. Официальный сайт компании Vogel [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.vogelsang.info/int/products>. – Дата доступа: 18.05.2017.
12. Официальный сайт компании Joskin [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: [http://joskin.com/?page=ouils\\_erandage&user\\_lang=ru](http://joskin.com/?page=ouils_erandage&user_lang=ru). – Дата доступа: 18.05.2017.
13. Инновационная сельскохозяйственная техника на 9-й российской агропромышленной выставке «Золотая осень»: науч.-ан. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 176 с.
14. Перспективная техника для АПК (По материалам Первой Международной специализированной выставки сельхозтехники «Агросалон»): науч.-ан. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 360 с.
15. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом (По материалам Международной выставки «SIMA-2007»): науч.-ан. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 308 с.
16. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства (По материалам международных выставок «SIMA-2009», «Agritechnica-2009», «Золотая осень-2009», «Агросалон-2009»): науч.-ан. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 289 с.
17. Степук, Л. Я. Обоснование основных конструктивных параметров делительной головки адаптера машины МПВУ-16 / Л. Я. Степук, И. Л. Подшиваленко, Э. В. Дыба // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Вып. 48. – Т. 1. – С. 109–119.
18. Степук, Л. Я. Построение машин химизации земледелия / Л. Я. Степук, А. А. Жешко; Нац. акад. наук Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 443 с.