УДК 631.333.44

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ШТАНГОВЫХ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ**

**ОРГАНИЧЕКСКИХ УДОБРЕНИЙ**

*д.т.н. профессор Петровец В.Р., к т.н., профессор Дудко Н.И.,  
 к.т.н. доцент Подшиваленко И.Л., ассистент Сидоров С.А.*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академии, Беларусь*

**THEORETICAL RESEARCH ON THE CALCULATION OF THE BASIC PARAMETERS OF THE DISTRIBUTION HEAD OF THE BARBAR MACHINES FOR THE APPLICATION OF LIQUID ORGANIC FERTILIZERS**

*Doctor of Technical Sciences Professor Petrovets V.R., so-called, Professor Dudko N.I., Ph.D. Associate Professor Podshivalenko I.L., Assistant Sidorov S.A.*

*Belarusian State Agricultural Academy,*

*Republic of Belarus*

**Аннотация**

В статье анализируются проблемы при внесении в почву жидких органических удобрений (ЖОУ). Обоснованы задачи, которые нужно решить для создания высокоточных машин для внесения органических удобрений. Осуществлены теоретические исследования по расчету основных параметров распределительной головки штанговых машин для внесения жидких органических удобрений. .

**Annotation**

The article analyzes the problems when applying liquid organic fertilizers (ZHOU) to the soil. The problems that need to be solved to create high-precision machines for applying organic fertilizers are justified. Theoretical studies were carried out on the distribution of the main parameters of the distribution head of rod machines for applying liquid organic fertilizers. .

**Ключевые слова**: органические удобрения, внесение, равномерное распределение, распределительная головка, машины для внесения жидких органических удобрений.

**Keywords**: organic fertilizers, application, uniform distribution, distribution head, machines for applying liquid organic fertilizers.

**Введение**

Плодородие почв отнесено к числу важнейших государственных приоритетов. Одним из определяющих показателей плодородия почв является содержание гумуса. По результатам последнего тура следования оно составляет всего лишь 2,25% [1,2,3], причем наблюдается тенденция его снижения. Объясняется такое положение недостаточными объемами и несовершенством технологий применения органических удобрений, являющиеся основным источником для образования гумуса. С увеличением содержания гумуса в почве улучшаются физико – химические свойства. На этом фоне значительно возрастает эффективность вносимых минеральных удобрений [4,5,6].

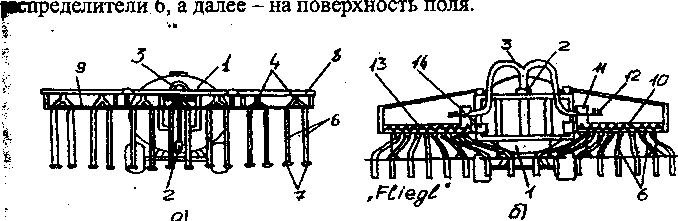
Из элементов питания, содержащихся в кормах, в составе навоза в почву возвращается 70 – 90 % азота, 70-80% фосфора, 80- 90% калия, 80 – 95% кальция и 40-50% органического вещества. Кроме того, с увеличением содержания гумуса снижается коэффициент внешнего трения почвы по различным поверхностям. Прирост органического углерода на 0,1% снижает плотность почвы на 0,01 г/см3. Следовательно снижается удельное сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин, следовательно, уменьшается расход топлива на выполнение соответствующих операций.

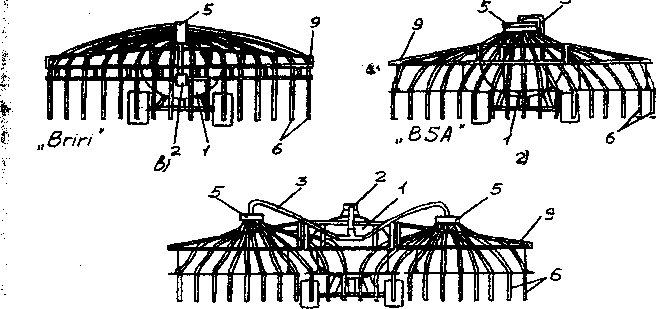
Следует отметить, что в экскрементах животных, кроме основных элементов питания растений (NPK), содержатся различные микроэлементы, которыми почвы Беларуси обеспечены слабо. Так, в получаемых объемах экскрементов содержится 690 *т* марганца, 115 т меди, 50 т бора, 7 т кобальта, 76 т цинка, около 10 т молибдена и ряд других микроэлементов.

В нынешних условиях, когда стоимость минеральных удобрений и химических средств защиты растений значительно возросли, органические удобрения становятся в буквальном смысле стратегически ресурсом. Повсеместное хозяйское их использование является огромным резервом сокращения объемов применения химзащиты и позволит получать устойчивые урожаи всех сельскохозяйственных культур и экологически чистую продукцию.

Машины для внесения твердых органических удобрений вполне совершенны, обеспечивают необходимое качество распределения удобрений по полю. Машины типа МЖТ для внесения жидкого навоза работают по принципу разбрызгивания, что приводит к потере до 90% аммиака [7,8.9], поэтому в мировой практике такой принцип работы уже не используется, так как они не отвечают требованиям эклоги и качества распределения. Поэтому в настоящее время для внесения жидких органических удобрений применяются штанговые распределяющие системы.

Технологический процесс внесения жидких органических удобрений различными машинами со штанговыми системами распределения принципиально одинаков. Из цистерны 1 (рисунок 1) насосом 2 ЖОУ подаются в распределяющие системы (распределяющую трубу *(а*), распределяющий шнек (б), распределительную головку (в, г, д)), которые распределяют удобрения по шлангам - понизителям 6.



****

а) машины с распределяющей трубкой; б) машины с распределяющим шнеком; в), г), д) машины с распределительными головками 1 - цистерна; 2 - насос; 3 - подводящий патрубок; 4 - штуцер;5 - распределительная (делительная) головка; 6 - шланг-понизитель;7 - наконечник; 8 - распределяющая труба; 9 - штанга;10 - распределительный механизм; 11 - впускная камера;- дозирующий механизм с заслонкой; 13 - шнек; 14 - привод шнека

Рисунок 1 - Схемы штанговых машин

Шланги 6 расставлены вдоль штанги на одинаковом расстоянии нижними концами касаются земли. Жидкие удобрения выливаются шланги 6 на поверхность почвы в виде полос, не разбрызгиваясь на растения, что резко уменьшает улетучивание азота и загрязнение окружающей среды по сравнению с разбрызгиванием, исключает уничтожение насекомых и животных, питающихся ими, позволяет проводить подкормку даже высокорослых растений (зернобобовых, зерновых культур, кукурузы).

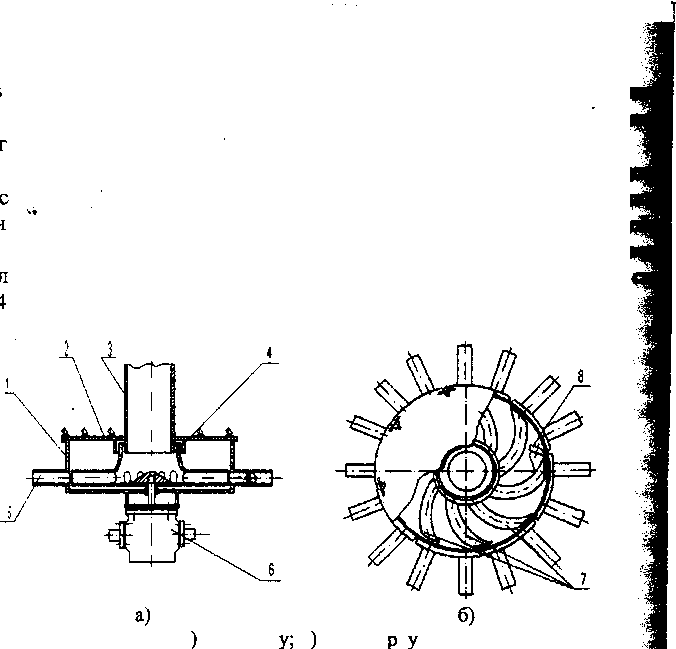
Качество и равномерность внесения удобрений зависит от конструкции распределительной головки штанговой машины.

**Постановка задачи и ее решение**

Обзор и анализ распределительных головок показывает, что все известные их конструкции не обеспечивают качественного распределения ЖОУ по полю. Однако, учитывая их компактность они представляют определенный интерес для исследований с целью их дальнейшего со­вершенствования. Нами предлагается конструкция и методика инженерного расчета основных параметров роторной распределительной головки, которая обеспечивает работу с жидким навозом, содержащим инородные включения.

Она представляет собой закрытый цилиндрический кожух, по периметру на поверхности которого размещены 24 отверстия. С наружной стороны к отверстиям приварены штуцера для присоединения выливных шлангов.

Распределительная головка предназначена для равномерного деления основного потока жидкости на 24 одинаковых потока. Она состоя цилиндрического корпуса 1 (рисунок 2), плотно закрывающейся крышки 2, в центре которой вварен конец нагнетательного трубопровода 3, выливных штуцеров 6, распределительного ротора, состоящего из стакана 4, изогнутых патрубков 8 и измельчающего ножа 9.



а) вид сбоку; б) вид сверху 1 - цилиндрический корпус; 2 - крышка; 3 - нагнетательный трубопровод; 4 - стакан ротора; 5 - выливные штуцера; 6 - гидромотор; 7 - патрубок ротора; 8 – нож

Рисунок 2. - Распределительная головка

Величина наружного диаметра цилиндрического корпуса головки определяется количеством выливных шлангов, расположенных в один ряд по периметру цилиндрической поверхности корпуса головки, и расстоянием между штуцерами выливных шлангов в месте присоедини к корпусу [10,11]:

, (1)

*D*НГ – наружный диаметр корпуса головки, м;

*d*НШ - внутреннему диаметру выливного штуцера, принимается равным внутреннему диаметру выливного шланга, *м;*

*к* - количество выливных штуцеров, *шт*.;

/ - расстояние между наружными поверхностями штуцеров в месте

соединения с корпусом, *м.*

Внутренний диаметр корпуса определим по формуле:

(2)

- толщина стенки цилиндрического корпуса головки, *м.*

Входной диаметр ротора можно определить по формуле:

(3)

где - внутренний диаметр нагнетательного трубопровода, м;

-толщина стенки нагнетательного трубопровода, м;

- зазор между внутренней поверхностью входной части ротора и наружной поверхностью нагнетательного трубопровода, м.

Количество выливных патрубков ротора *z* определим из условия:

(4)

где - сумма площадей поперечных сечений патрубков,

= zм2 ; (5)

z – количество выливных патрубков, шт.;

– площадь поперечного сечения нагнетательного трубопровода, м2

Внутренний диаметр патрубков ротора принимаем равным внутреннему диаметру выливных штуцеров

Тогда, подставив в условие (4) значения площадей и выразив количество патрубков *z* получим:

. (6)

Полученную цифру округляем до целого числа в большую сторону. Уточняем значение скорости движения жидкости в патрубках ротора:

(7)

Так как площадь сечения патрубка ротора постоянна по всей его длине, то скорость на входе в патрубок *W1* равна скорости на выходе из |него *W2* и будет вычисляться по формуле (7).

Патрубки распределительного ротора приварены к стакану ротора под углом и имеют плавно изогнутую форму (рисунок 3).

На выходе патрубки обрезаны под углом из-за чего имеют

эллипсовидное выходное сечение.

Угол выхода определим по формуле:

***= ,*  (**8**)**

где - внутренний диаметр патрубка, *м;*

*а -* большая полуось эллипса, *м.*

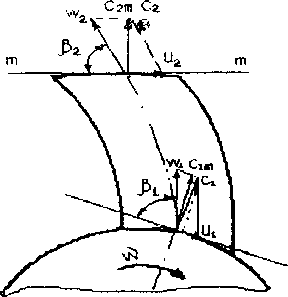


Рисунок 3- Схема движения жидкости в роторе и параллелограммы скоростей на выходе патрубка ротора

Большую полуось эллипса *а* найдем из условия, чтобы в момент времени суммарная площадь проходного сечения, образованного выходными, сечениями патрубков ротора 7 (рисунок 2) и входными сечениями выливных штуцеров 5, была равна или больше сумм площади поперечных сечений патрубков, или, иначе, суммарная площадь проходного сечения, образованного выходным сечением патрубка ротора и входными сечениями выливных штуцеров, должна быть равна больше площади поперечного сечения выливного штуцера (рисунок 4). Запишем последнее условие в виде выражения:

2(S1+S2 +S3 +S4) (9)

где S1+S2 +S3 +S4 - площади, образующие суммарное проходное сечение, расположенное над осью *х, м2 .*

Площади суммарного проходного сечения вычислим с помощью интегралов, для чего задаемся координатными осями *х* и *у* с цен точке О (рисунок 4), относительно которого симметрично расположим центры окружностей входных сечений выливных штуцеров на стоянии S= г + е/2, где радиус круглого сечения выливных штуцеров, а также малая полуось эллипса, *мм;* е - расстояние между выливными штуцерами, е = *l +* 2, *мм;* - толщина стенки штуцера, *мм.*

Запишем уравнения окружностей и эллипса.

Уравнение левой окружности:

*у1=* ; (10)

уравнение правой окружности:

*у1= ;* (11)

уравнение эллипса

*у3=*  (12)

Г'

}■

*а* - большая полуось эллипса, *мм;*

*с -* смещение центра эллипса относительно начала координат, *мм.*

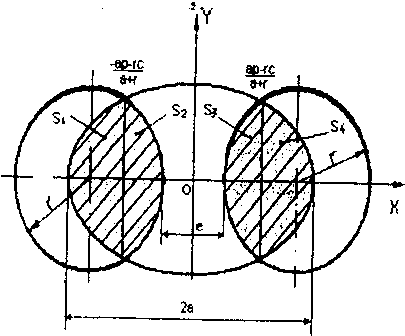


Рисунок 4- Схема для расчета большой полуоси эллипса выходного сечения патрубка

Решая совместно уравнения (10) и (12), а также уравнения

(11) и (12), определим точки пересечения правой и левой окружноcтей с эллипсом, которые являются пределами интегрирования при определении площадей S1+S2 +S3 +S4.

Определяем площади проходного сечения, находящегося над осью *х* по следующим формулам:

= *d x;*

*=dx* (13)

*=dx*

Тогда выражение (9) запишем в виде уравнения [4]:

(14)

Уравнение (14) можно решить с помощью численных методов (деление отрезка пополам) или используя программное обеспечение «*Mathcad*». Полученное значение большой полуоси *а* подставляем в формулу (8) и определяем угол выхода .

Величины напора, создаваемого центробежным насосом , достаточно точно для преодоления сопротивлений в арматуре насосной установки и в распределительной головке. Поэтому нет необходимости, чтобы ротор работал как насос и создавал дополнительный напор. Вследствие этого необходимо подобрать частоту вращения ротора так, чтобы скорость совпадала по значению и направлению с абсолютной скоро *С2* равной геометрической сумме относительной скорости движения жидкости W2 и окружной скорости ротора на выходе U2 (рисунок 3):

С2m = C2 = W2  + U2. (15)

Спроектировав вектор скорости С2m выражения (15) на касательную *m-m,* получим:

*U2 –W2 =*0 (16)

В свою очередь, окружная скорость на выходе из ротора определяется по формуле:

*=,* (17)

где *n* – частота вращения ротора, мин-1 ;

D2 – выходной диаметр ротора, D2 =DВГ- , *м*;

- зазор между патрубками ротора и внутренней стенкой корпуса головки, м.

Формулу (17) подставим в выражение (16) и выразим частоту вращения ротор *n* , получим

. (18)

Для обеспечения безударного входа жидкости в патрубки рол избежания увеличения гидравлических потерь необходимо патрубки приваривать к стакану под углом *0\,* который можно определить по формуле

*tg,* (19)

где - скорость движения жидкости на входных кромках патрубков, м/с;

U2 – окружная скорость на входе в патрубки, м/с.

Скорость движения жидкости на входе в патрубки можно определить через относительную скорость движения жидкости W1

= W1 , (20)

где W1 – движения жидкости в патрубке, м/с.

Скорость движения жидкости на входе в патрубки ротора, с учетом угла входа , определим по формуле:

W1 = . (21)

Диаметр входа в патрубки ротора D1 можно записать в виде:

D1 = (22)

осуществив соответствующие преобразования, получим выражение для определения угла входа в патрубки ротора:

{ } = (23)

Значение входного угла находим приближенными методами Например, методом деления отрезка на десять частей. Для этого табулируем функцию на отрезке от 0 до . На этом отрезке уравнение (23) имеет два решения. С конструктивной точки зрения необходимо принимать большее значение угла входа , так как это облегчает изготовление ротора и экономит материал.

Для построения очертания лопасти и определения длины лопасти составим дифференциальное уравнение для малых приращений угла в радианах и радиуса r (рисунок 5).

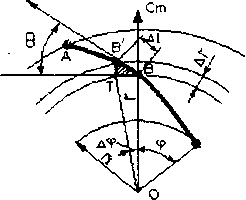


Рисунок 5- Схема для определения длины лопасти

Гипотенузу *В/В* треугольника *ТВ/В* можно записать *В/В =*. Тогда длину патрубка можно определить во формуле:

, (24)

где *\* - приращение радиуса ротора, *м;*

*к -* количество разбиений расстояния между радиусом входа

r1 = D1 /2 и радиусом выхода г2 = D 2 /2;

*Bi -* функция в i-й точке;

- угол наклона патрубка к касательной окружности в i-й точке;

. (25)

Решая уравнение (24) табличным способом и задаваясь рядом r значений в интервале от *r1\ до r2* определяем значение окружной скорости U i , =W/Ui , угол , sin и функцию Bi ..

**Выводы**

1.Проведенные теоретические исследования по расчету основных параметров распределительной головки штанговых машин для внесения жидких органическихудобрений позволили разработать такую конструкцию головки, которая может работать с жидким навозом, содержащим инородные включения.

2..Предложенная распределительная головка для штанговых распределительных машин является элементом, определяющим качество и надежность технологического процесса внесения жидких органических удобрений.

**Литература:**

1. Степук, Л.Я. Обоснование подающего устройства к штанговой мапгане для внесения жидких органических удобрений / Л.Я Степук, В.Р. Петровец, И.Л. Подшиваленко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2004. - № 2. - С. 73-76.
2. Степук, Л. Я. Выбор типа и обоснование параметров распределяющего устройства к штанговым машинам для внесения жидких органических удобре­ний (ЖОУ) / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, И. Л. Подшиваленко // Агропанорама. -2004.- № 6.- С. 8-11.
3. Степук, Л. Я. Средства механизации внесения жидких органических удобрений / Л. Я. Степук, В.Р. Петровец, И. Л. Подшиваленко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2004. - . - С. 9-10.
4. Механизация внесения жидких органических удобрений - реальность и перспектива / Л. Я. Степук, С.И. Лях, В.Р. Петровец, И. Л. Подшиваленко// Ме­ханизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»; редкол. В.Н. Дашков [и др.]. - Минск, 2003. - Вып. 37, т.1. Механизация земледелия. - С. 54-59.
5. Степук, Л.Я. Обоснование ширины захвата штанговых машин для вне­сения удобрений / Л. Я. Степук, С.А. Антошук, И. Л. Подшиваленко // Механи­зация и электрификация сельского хозяйства: межвед. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»; редкол. В.Н. Дашков [и др.]. - Минск, 2003. - Вып. 37, т.1. Механизация земледелия. - С. 40-49.
6. Степук, Л.Я. Обоснование параметров распределяющей системы маши­ны для внесения жидких органических удобрений / Л.Я. Степук, И.Л. Подшиваленко // Научно-технический прогресс в животноводстве: перспективная система машйй - основа реализации стратегии машинно-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г.: сб. науч. тр. / ГНУ ВНИИМЖ; редкол. Н.М. Морозов [и др.]. — Подольск, 2004. - Т. 13. - С. 188- 198.
7. Степук, Л.Я. Обзор и анализ средств механизации внесения жидких органических удобрений / Л Л. Степук, ИЛ. Подшиваленко // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства: материалы меж- дунар науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию образования факультета механиза­ции с.-х. Белорус, госуд. с.-х. академии, Горки, 5-7 декабря 2002г. / Белорус, госуд. с.-х. академия; редкол.: В.А. Шаршунов [и др.]. - Горки, 2005. - С. 207- 211**.**

8. Подшиваленко И.Л. Обоснование рабочей ширины захвата штанги машины для внесения жидких органических удобрений / И.Л.Подшиваленко, Кузюр В.М. // Конструирование , использование и надежность сельскохозяйственных машин: материалы научно-практ. конференции / Брянская государственная сельскохозяйственная академия. : Брянск, 2013.№1(12) С.18-23