

Заключение

Полученные аналитические зависимости (11) и (12) позволяют определить рациональное значение шага установки дисков в ряду, обеспечивающего качественную заделку навоза в канавках и расстояние между дисковыми рядами в адаптере. Аналитическая зависимость (13) позволяет определить количество дисковых рядов в адаптере, независимо от ширины захвата агрегата.

20.08.13

Литература

1. Синеоков, Г.Н. Дисковые рабочие органы почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. – М.: Машгиз, 1949 – 86 с.
2. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование / М.Н. Летошнев. – Изд. 3, перераб. и доп. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 728 с.
3. Нартов, П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П.С. Нартов. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1972. – 182 с.
4. Яроцкий, Я.У. Повышение качества мелкой обработки почвы комбинированным агрегатом с лаповым рыхлителем и гофрированным катком: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Я.У. Яроцкий. – Горки, 1987. – 303 с.
5. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко [и др.]. – Киев: Наука. – 1960. – 283 с.
6. Справочник машиностроителя: в 3 т. Т. 1. / Гл. ред. тома проф., д-р техн. наук М.А. Саверин. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1951. – 1036 с.

УДК 631.333:631.862

**Л.Я. Степук, А.А. Жешко,
Э.В. Дыба**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по
механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ОБОСНОВАНИЕ ТИПА РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКОГО НАВОЗА

Введение

Внесение жидкого навоза осуществляют внутрипочвенным или поверхностным способами. Внутрипочвенное внесение выполняется специальными комбинированными машинами. Процесс внутрипочвенного внесения навоза происходит следующим образом. Во время движения машины рабочий орган образует канавку (щель, полость), размеры которой зависят от его типа, конструктивных и кинематических параметров. Навоз, находящийся в цистерне, подается по трубопроводам в делительную головку, ротор которой, вращаясь, распределяет навоз в равных количествах по выливным шлангам. Концы шлангов прикреплены к рабочим органам таким образом, чтобы навоз из них непрерывно заполнял проделываемые в почве канавки. Объем подаваемого навоза должен быть равен объему образованной канавки.

Актуальность

Процесс внутривпочвенного внесения навоза более энергоемок, чем распределение его по поверхности поля, так как операция внесения осуществляется одновременно с почвообработкой. Однако затраты окупаются дополнительной прибавкой 10–15 % урожая основных сельскохозяйственных культур. При подаче навоза непосредственно в почву эффективно используется до 90 % аммиачного азота, исключение поверхностного стока и снижение испарения аммиачного азота ведут к уменьшению загрязнения окружающей среды [1].

Тип рабочих органов и их параметры выбираются с таким расчетом, чтобы при внутривпочвенном внесении не происходило вылива навоза на поверхность почвы.

Поэтому обоснование типа рабочего органа для внутривпочвенного внесения навоза и его параметров является актуальной задачей.

Основная часть

Для исключения выхода навоза из канавки, образуемой рабочим органом, на поверхность почвы его объем $V_{жс}$, подаваемый через один разливочный шланг, должен соответствовать вместимости формируемой канавки, то есть удовлетворять условию:

$$V_k \geq V_{жс}, \quad (1)$$

где $V_{жс}$ – объем навоза, подаваемый через один разливочный шланг, $м^3$;

V_k – объем канавки, образованный одним рабочим органом, $м^3$.

В настоящее время известны три типа рабочих органов в машинах для внутривпочвенного внесения навоза:

- плоский диск («Zunhammer», «Fliegl» (Германия); «Joskin», «Pichon» (Бельгия); «Bomac Ag-Chem-Europe», «Kaweco» (Нидерланды); «Samson Agro» (Дания); «Bauer» (Австрия); «Tezborg Agro» (США – Канада));

- стрелчатая лапа («Fliegl» (Германия); «Joskin», «Pichon» (Бельгия); «Kaweco» (Нидерланды); «Samson Agro» (Дания); «Bauer» (Австрия); «Tezborg Agro» (США – Канада));

- сферический диск (Патент RU № 2352 095 С1 (кл. А01С 23/02), опубликован 20.04.2009, бюл. № 11; «Joskin» (Бельгия), «Zunhammer» (Германия)).

Рассмотрим принцип действия каждого из них на предмет выбора наиболее рационального для условий Беларуси.

Плоский диск. После прохода плоского диска в почве остается щель (рисунок 78), объем которой определяется выражением:

$$V_k = b \cdot h \cdot l_{нд},$$

где h – глубина щели, $м$;

b – ширина щели, $м$;

l_{no} – длина открытой щели, м.

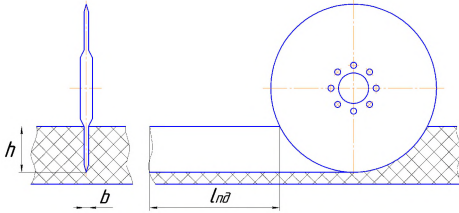


Рисунок 78 – Профиль щели, образованной плоским диском в почве

Из-за наличия реологических свойств почва стремится вернуться в первоначальное состояние, поэтому щель, образованная плоским диском, существует непродолжительное время, а ее длина l_{no} стремится к нулю. В этой связи необходимо ввести коэффициент,

который будет учитывать изменение параметров образованной щели:

$$V_k = b \cdot h \cdot l_{no} \cdot k_p,$$

где k_p – коэффициент, учитывающий изменение ширины щели под действием реологических свойств почвы (значение коэффициента определяется экспериментально для различных типов почвы).

Недостатком плоских дисков является то, что они прорезают в почве щели малой ширины, в которые по трубкам подается навоз. А поскольку вносимые подкормочные дозы навоза варьируют в широком диапазоне (от 20 до 80 *т/га* и более), то такие устройства могут использоваться только для очень малых доз. При увеличении дозы не обеспечивается внутрпочвенное внесение ее в полном объеме. Значительная часть навоза растекается по поверхности почвы, что недопустимо, особенно на пастбищах. Кроме того, данный рабочий орган не выполняет никакой почвообрабатывающей операции.

Таким образом, плоские диски не являются перспективными рабочими органами для условий Беларуси.

Стрельчатая лапа. При использовании стрельчатой лапы почва деформируется и перемещается в продольном, поперечном и вертикальном направлениях, что приводит к образованию полости в виде призмы (рисунок 79). Ее объем определяется по формуле:

$$V_{к1} = \frac{1}{2} b_l \cdot h_l \cdot l_{сл},$$

где h_l – высота стрельчатой лапы, м;

b_l – ширина захвата стрельчатой лапы, м;

$l_{сл}$ – длина открытой полости, м.

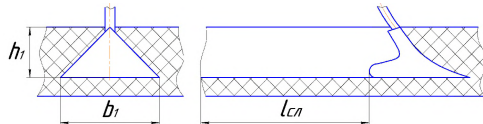


Рисунок 79 – Профиль полости, образованной стрельчатой лапой в почве

После прохода данного рабочего органа может происходить осыпание почвы, поэтому длина полости, образованная стрельчатой лапой $l_{сл}$,

как и в случае с плоским диском, будет принимать близкое к нулю значение, что приведет к уменьшению объема образованной полости. Поэтому следует ввести коэффициент, учитывающий изменение объема полости после осыпания почвы:

$$V_{к1} = \frac{1}{2} b_1 \cdot h_1 \cdot l_{сл} \cdot k_o,$$

где k_o – коэффициент осыпания почвы (значение коэффициента определяется экспериментально для различных типов почвы).

Недостатком этого рабочего органа является неизменность объема полости, причем малого, под стрельчатой лапой, в которую подается из цистерны навоз. Данный факт обуславливает прием внутрипочвенно только незначительного количества навоза. Практически вносимые основные дозы варьируют еще в большем диапазоне по сравнению с подкормочными (от 40 до 180 $m/га$). Поэтому большая часть навоза выдавливается (выливается) на поверхность почвы. Следовательно, эффект от внутрипочвенного внесения навоза с использованием стрельчатой лапы будет неполным, так как не исключено испарение аммиачного азота с поверхности почвы. Поэтому данный тип рабочего органа в условиях республики будет иметь ограниченное использование.

Сферический диск. При движении агрегата сферический диск образует в почве канавку желобчатой формы (рисунок 80). Причем сверху ширина канавки увеличивается, стенки ее получают наклонными (отклонены от вертикали). Тем самым обеспечивается устойчивость формы и постоянство размеров канавки на большинстве типов почв.

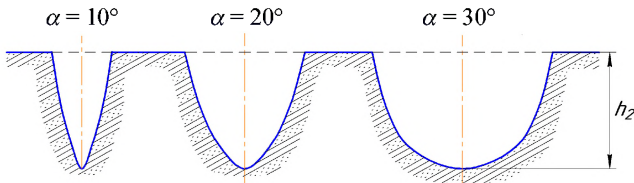


Рисунок 80 – Схема канавок при различных углах атаки диска

Даже на чистых песчаных почвах канавка может сохраняться открытой (не осыпавшейся) какое-то время. При этом минимальный объем канавки $V_{к \min}$ (рисунок 81) для приема навоза определится с достаточной для практики точностью по формуле:

$$V_{к \min} = \frac{1}{2} h_2 r_o^2 \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где r_o – радиус сферического диска, m ;

h_2 – глубина канавки, образованная сферическим диском, m ;

α – угол атаки, $град$.



Рисунок 81 – Схема к определению объема канавки

Как отмечалось выше, канавка, проделанная сферическим диском, практически не деформируется и сохраняется до тех пор, пока соседний сферический диск не сместится на расстояние $l_{сд}$, равное дальности отбрасывания почвы в продольном направлении Y_T , и не закроет канавку отбрасываемой почвой. Тогда время сохранения открытой канавки Δt будет равно:

$$\Delta t = \frac{Y_T}{g}, \quad (3)$$

где Y_T – дальность отбрасывания почвы диском в продольной плоскости, м;
 g – поступательная скорость движения диска, км/ч.

Дальность отбрасывания почвы в продольном направлении можно определить по выражению [2]:

$$Y_T = \frac{1}{g} \cos^2 \alpha \sqrt{g^2 \cos^2 \alpha + \frac{0,84q(f - \varphi_{em}) \operatorname{tg} \alpha \sqrt{h_2^3 (2r_o - h_2)}}{m}}, \quad (4)$$

где q – коэффициент объемного смятия почвы, МПа/м³;

m – плотность почвы, кг/см³;

f – коэффициент внешнего трения почвы о сталь;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

φ_{em} – коэффициент внутреннего трения почвы.

Подставив уравнение (4) в выражение (3), определим время существования открытой канавки:

$$\Delta t = \frac{1}{g} \cos^2 \alpha \sqrt{g^2 \cos^2 \alpha + \frac{0,84q(f - \varphi_{em}) \operatorname{tg} \alpha \sqrt{h_2^3 (2r_o - h_2)}}{m}}.$$

С учетом формулы (4) можно вычислить фактический объем канавки:

$$V_{к2} = V_{кmin} + \frac{1}{2} Y_T b_2 h_2 = \frac{1}{2} h_2 (r_o^2 \operatorname{tg} \alpha + Y_T b_2), \quad (5)$$

где b_2 – ширина канавки, м.

Ширину канавки определим по формуле [3]:

$$b_2 = 2 \sin \alpha \sqrt{h_2 (2r_o - h_2)}.$$

Учитывая дальность отбрасывания почвы в поперечном направлении Y_T , определим объем жидкости, подаваемой через разливочный шланг:

$$V_{жс} = \frac{Y_T B D}{10^4 \rho n}, \quad (6)$$

где D – доза внесения навоза, $m/га$;

B – ширина захвата агрегата, m ;

n – количество сферических дисков в одном ряду адаптера, $шт.$;

ρ – плотность навоза, $m/м^3$.

Подставив в условие (1) формулы (5) и (6), получим:

$$\frac{1}{2} h_2 (r_0^2 \operatorname{tg} \alpha + Y_T b_2) \geq \frac{Y_T B D}{10^4 n \rho}. \quad (7)$$

Расчеты показывают, что минимальный объем канавки, вычисленный по формуле (2), находится в пределах $V_{к \min} = 0,42 \div 1,37 \text{ дм}^3$, значение фактического объема, вычисленного по формуле (5), составляет $V_{к2} = 0,67 \div 4,35 \text{ дм}^3$ при изменении угла атаки диска в диапазоне $\alpha = 10 \div 30^\circ$. При этом объем жидкости, подаваемой через разливочный шланг, находится в пределах $V_{жс} = 0,32 \div 2,94 \text{ дм}^3$ при изменении доз внесения $D = 20 \div 180 \text{ м/га}$.

Заключение

1. Наиболее эффективным рабочим органом для внутрипочвенного внесения навоза является сферический диск, прорезывающий канавки в почве для приема навоза в широких пределах с одновременным ее мульчированием.

2. Полученные формулы позволяют выполнить согласование объема канавки и объема подаваемого в нее навоза без перелива через край.

3. Для адаптера со сферическими дисками при рабочих скоростях $g = 6 \div 10 \text{ км/ч}$, диапазонах доз $D = 20 \div 180 \text{ м/га}$ и углах атаки $\alpha = 10 \div 30^\circ$ обеспечивается условие, при котором исключается перелив навоза через край канавки на поверхность почвы.

20.08.13

Литература

1. Технология внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений. – М.: Колос, 1987. – 60 с.
2. Степук, Л.Я. Обоснование шага установки дисков и расстояния между их рядами в адаптере для внутрипочвенного внесения жидкого навоза / Л.Я. Степук, А.А. Жешко, Э.В. Дыба // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47.
3. Бледных, В.В. Устройство, расчет и проектирование почвообрабатывающих орудий / В.В. Бледных. – Челябинск: ЧГАА, 2010. – 203 с.