

ЛИТЕРАТУРА

1. Ленский, А.В. Типизация условий эксплуатации – основа формирования рационального парка машин для растениеводства/ А.В. Ленский, Е.Г. Родов, П.М. Шмарловский //Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, № 2, 2007. – С. 88-95.
2. Шило, И.Н. Обобщенный показатель для комплексной оценки машин и технологий. – В сб.: Интенсификация сельскохозяйственного производства и формирование системы машин / И.Н. Шило,

Е.Г. Родов. – Минск: НПО «Белсельхозмеханизация», 1989. – С. 49-53.

3. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии)/ Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.

4. Цымбаленко, Т.Т. Методы математической статистики в обработке экономической информации / Т.Т. Цымбаленко. – М.: Финансы и статистика, 2007. – С.26.

5. Шило, И.Н. Оптимизация стратегии технического оснащения с.-х. производства в условиях различных форм хозяйствования: автореф.... дис. докт. техн. наук/ И.Н. Шило; БИМСХ. – Минск, 1993. – 36 с.

УДК. 631.356.02

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.11.2007

КОМБИНИРОВАННЫЕ АГРЕГАТЫ ДЛЯ МЕЛКОТОВАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**А. Г. Вабищевич, канд. техн. наук, доцент, М. А. Прищепов, докт. техн. наук, доцент,
И.А. Барановский, студент (УО БГАТУ)**

Аннотация

В статье рассмотрены схемы комбинированных агрегатов для мелкотоварного производства, осуществляющих ленточный высеv семян с одновременным внесением основной и стартовой доз удобрений на различной глубине.

Введение

В Республике Беларусь, наряду с сельскохозяйственными предприятиями, определенный вклад в производство отдельных видов сельскохозяйственной продукции вносят крестьянские и личные подсобные хозяйства, особенно по производству картофеля, овощей, молока, яиц и мяса.

В крестьянском хозяйстве желательно объединять: обработку почвы и внесение удобрений; вспашку с дополнительной обработкой - прикатыванием, дроблением комков, рыхлением и выравниванием верхнего слоя; операции по предпосевной обработке зяби под яровые культуры - культивацию, боронование, прикатывание; предпосевную обработку почвы с посевом и внесением удобрений в рядках.

В большинстве случаев совмещение технологических операций повышает качество подготовки почвы и сокращает сроки проведения работ, и число проходов агрегатов по полю, уменьшает вредное воздействие их ходовых устройств на почву. Снижается также общая энергоемкость механизированных работ, растет производительность труда, уменьшаются расход топлива и затраты.

Дальнейшее повышение эффективности мелкотоварного производства возможно при создании комбинированных агрегатов, совмещающих несколько операций.

Агрегаты, состоящие из самоходного шасси, и машины обладают рядом преимуществ: расположение машины в поле зрения тракториста и, как следствие, более высокая точность вождения; более комфортные условия работы тракториста; рациональное распределение веса агрегата, обеспечивающее высокие тягово-сцепные свойства и экологическую совместимость ходовых колес с почвой, сокращение энергоемкости в 1,5-2 раза; снижение трудозатрат на обслуживание в 2 раза за счет высвобождения машиниста; повышение экологической чистоты за счет снижения уплотнения почвы колесами.

Однако этим агрегатам присущи и некоторые недостатки: невозможно агрегатировать шлейф машин к тракторам класса 0,6 - 0,9 т, поскольку машины монтируются на отверстиях лонжеронов, а не на традиционной навесной системе; высокая трудоемкость монтажно-демонтажных работ.

Основная часть

Нами предлагаются схемы комбинированных агрегатов для мелкотоварного производства с комбинированными сошниками, совмещающими несколько операций [1].

Комбинированный агрегат для текущего ухода за пастбищами (рис. 1) позволяет совместить подкашивание несъеденных животными остатков травостоя, подсев трав, внесение удобрений, аэрацию

почвы, растаскивание кала животных и разравнивание кротовин.

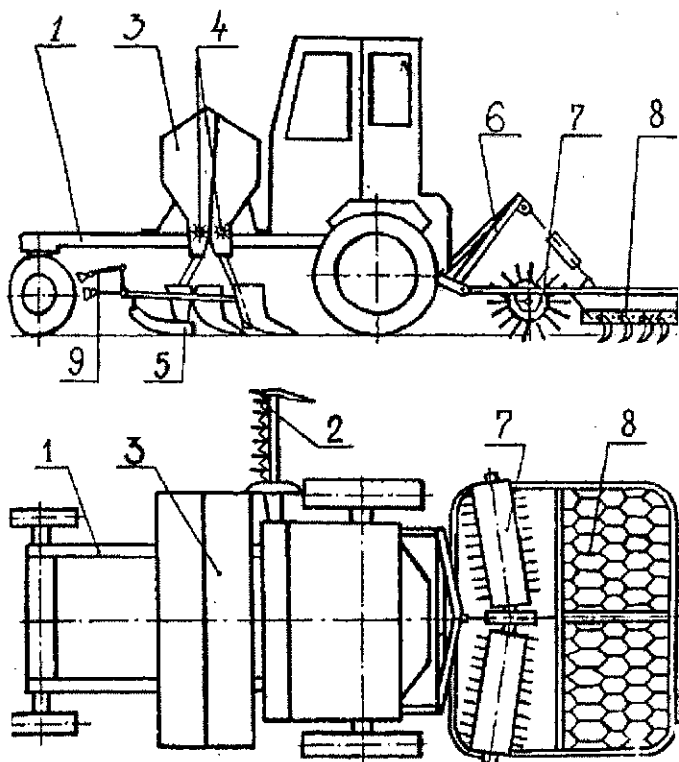


Рисунок 1. Схема комбинированного агрегата для ухода за пастбищами:

- 1 – самоходное шасси; 2 – косилка; 3 – сеялка;
- 4 – высевающие аппараты; 5 – комбинированный сошник;
- 6 – задняя навеска; 7 – игольчатая борона;
- 8 – пастбищная борона; 9 – гидрофицированная навеска.

Агрегат выполнен на базе самоходного шасси 1. К раме шасси с правой стороны навешивается однобрусная косилка 2, в средней части расположен бункер 3, разделенный на две секции для семян и удобрений, имеющий катушечные высевающие аппараты 4. В нижней части между передними и задними колесами крепятся комбинированные сошники 5, имеющие независимую гидрофицированную навеску 9, подъем и опускание которых производится гидроцилиндром. Сзади шасси к гидрофицированной навеске 6 крепятся игольчатая 7 и пастбищная 8 бороны.

После каждого стравливания скотом травостоя агрегат подкашивает, вносит удобрения, производит аэрацию дернины и растаскивает кал животных. В период подсева трав в агрегате работает косилка и

сеялка, а бороны подняты, либо вообще отцепляются.

Применение данного агрегата снижает материальные и трудовые затраты в 2 раза, и не менее чем на 30% повышает продуктивность кормовых угодий. Кроме этого, совмещение операций исключает многократность проходов трактора по полю, что значительно уменьшает уплотнение почвы и травмирование растительности, полнее используется мощность двигателя, улучшается загрузка самоходного шасси.

Комбинированный почвообрабатывающий посевной агрегат для предпосевной обработки почвы и посева семян с внесением минеральных удобрений (рис. 2) за один проход выполняет: рыхление, выравнивание

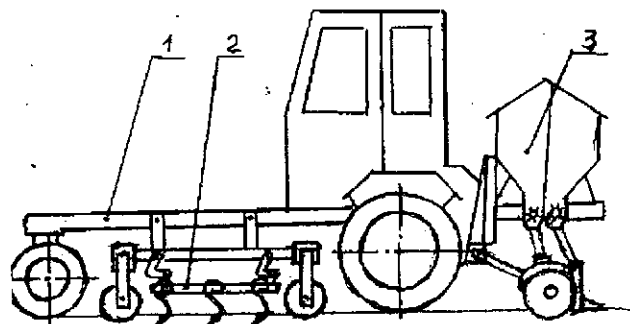


Рисунок 2. Схема почвообрабатывающего посевного агрегата:

- 1 – самоходное шасси; 2 – почвообрабатывающие рабочие органы; 3 – сеялка с комбинированными сошниками.

прикатывание почвы, а также посев семян зерновых, зернобобовых, льна на всех типах минеральных почв с созданием в посевном слое уплотненного ложа для семян с внесением минеральных удобрений на разных уровнях комбинированными сошниками. Агрегат универсален, имеет широкий диапазон регулирования норм

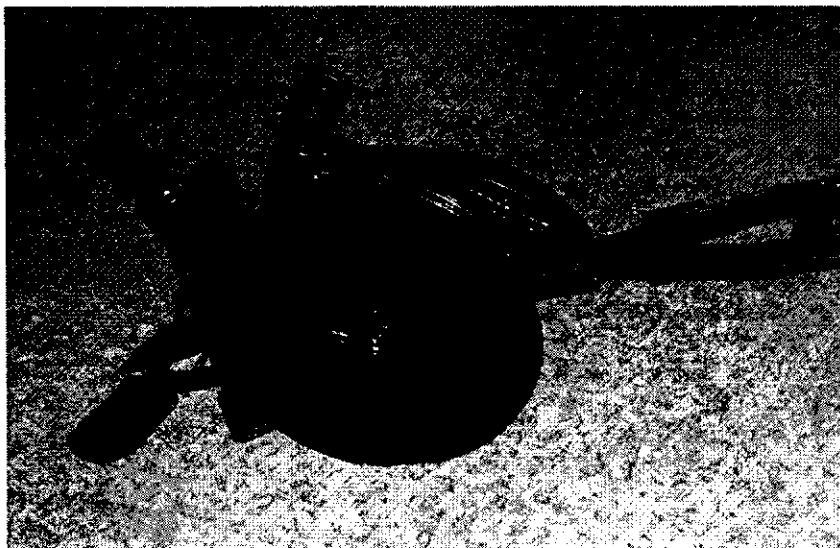


Рисунок 3. Комбинированный двухдисковый сошник.

высева семян, удобрений и глубины их заделки.

В комбинированных агрегатах в качестве рабочего органа для ленточного посева зерновых, зернобобовых, крупных культур и трав используются комбинированные сошники (рис. 3) [2]. Сошники осуществляют ленточный высев семян с одновременным внесением основной и стартовой дозы удобрений на различной глубине.

При движении сошника два диска 1, установленные под углом друг к другу, прорезают в почве две бороздки для локального внесения основной дозы удобрений в два рядка (рис. 4). За дисками установлен двухканальный туконаправитель, по которому одновременно вносится основная доза удобрений, равномерно в два рядка. Далее расположен трубчатый семяпровод 3, заканчивающийся снизу уплотнителем 4, который засыпает расположенные ниже справа и слева удобрения в двух бороздках, и одновременно формирует уплотненное ложе для семян с целью притока влаги (рис. 5). Семена вместе со стартовой дозой удобрений подаются по семяпроводу 3 на поверхность распределителя 5 и, отражаясь от него, равномерно рассеиваются на подготовленное ложе, формируя ленту шириной до 8 см. Следом идущие, и расположенные немного выше по уровню заделывающие рабочие органы 6, обеспечивают равномерную заделку семян и удобрений на требуемую равномерную глубину.

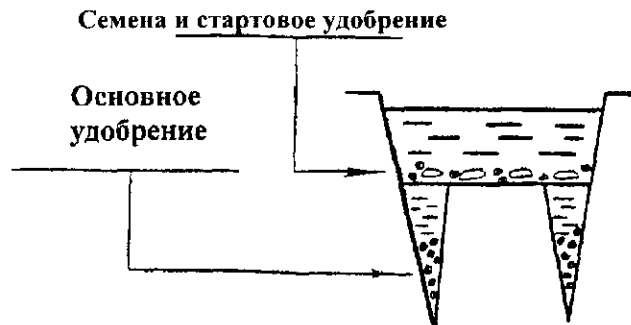


Рисунок 4. Схема способа посева, выполняемая сошником.

Глубина заделки удобрений 30...60 мм, глубина заделки семян 20...50 мм, расстояние между удобрениями и семенами 10...20 мм, уплотнение почвы в зоне семенного ложа – $1,1...1,25 \text{ г/см}^3$.

Таким образом, локальное внесение основной дозы удобрений в два рядка ниже семян, разделенных от них прослойкой почвы в сочетании со стартовым удобрением, приближенным к семенам, создает более благоприятные условия для прорастания семян. Этим самым обеспечивается своевременное питание семян удобрениями в период их прорастания для появления дружных всходов, а основная доза удобрений дает возможность укрепиться и обеспечить опережающий рост и развитие растений по сравнению с сорной растительностью, зна-

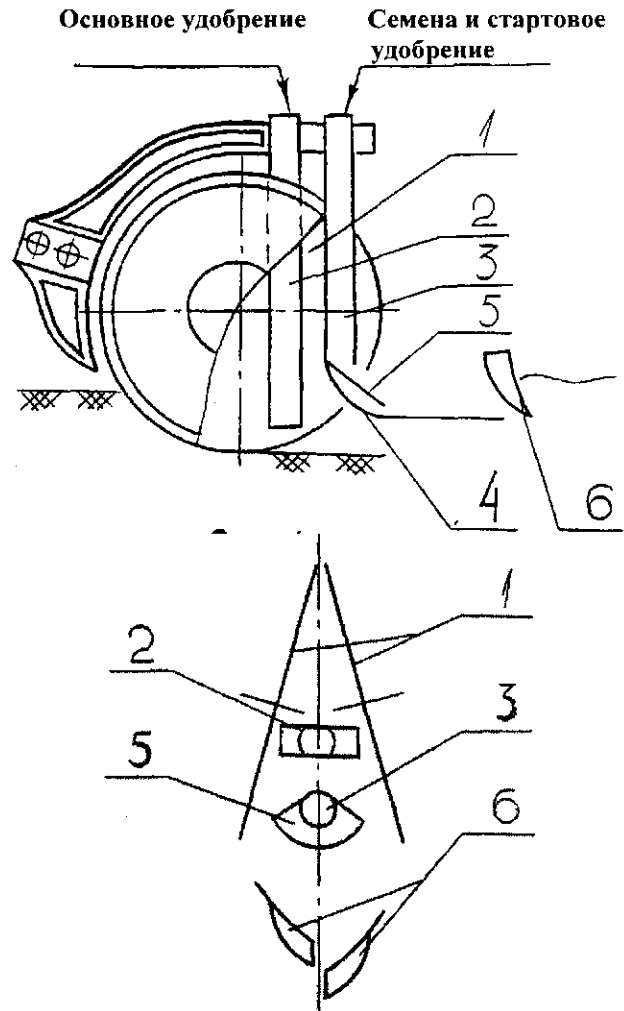


Рисунок 5. Схема комбинированного двухдискового сошника:

- 1 – два диска; 2 – двухканальный туконаправитель; 3 – трубчатый семяпровод;
- 4 – уплотнитель; 5 – распределитель семян;
- 6 – заделывающие рабочие органы.

чительно улучшается водно-воздушный режим, что в конечном итоге дает ощутимую прибавку урожая. Одновременно при этом снижаются затраты по возделыванию и уходу за растениями, поскольку сокращается число проходов агрегата.

Заделывающие рабочие органы сошника очень близки по форме к плужной винтовой поверхности.

В настоящее время разработано и используется много методов проектирования винтовых плужных поверхностей [3].

Общим недостатком преобладающего большинства методов проектирования является невозможность проектирования развертывающихся поверхностей винтового типа. Этому препятствует применение плоской направляющей кривой, которая исключает задание вращения образующей, как это необходимо для поверхностей винтового типа.

Из всех методов проектирования винтовых плужных поверхностей наиболее приемлемым способом проектирования рабочей поверхности заделывающих органов сошника является метод проектирования развертывающейся поверхности, полученный движением образующей по пространственной винтовой линии переменного шага.

На почвенный пласт элементарного объема dw в процессе его оборота действуют силы N_1 , T_n , T_k , G (рис. 6).

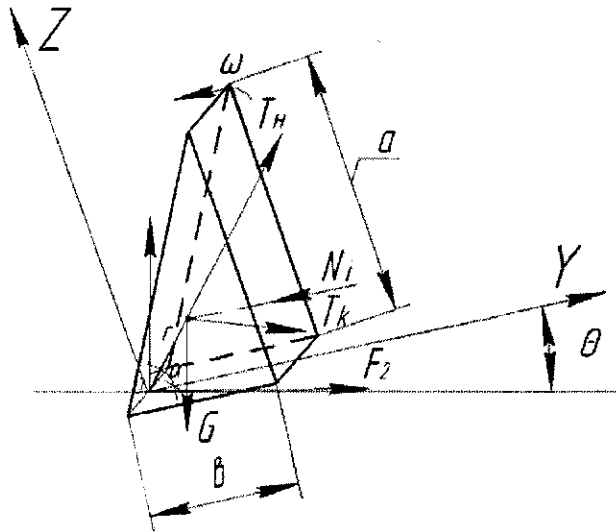


Рисунок 6. Схема сил, действующих на почвенный пласт в процессе его оборота:

N_1 - нормальная реакция винтовой заделывающей поверхности сошника на пласт почвы;

$T_n = m\omega^2 r$ - нормальная составляющая центробежной силы;

$T_k = m \frac{d\omega}{dt} r$ - касательная составляющая силы;

$G = mg$ - сила тяжести;

r - радиус поворота пласта dw .

Система координат ZOY вращается вместе с пластом со скоростью ω .

При движении сошника и оборота пласта с помощью винтовой поверхности возникает сила трения пласта почвы F_2 о дно бороздки.

В процессе оборота пласта изменяются угловая скорость вращения ω и нормальная реакция поверхности N_1 .

Запишем условие равновесия для плоской системы сходящихся сил при

$$\sum F(x) = 0, \sum F(z) = 0$$

$$\begin{cases} T_n \cos \alpha + T_k \sin \alpha - G \sin \theta - N_1 = 0; \\ T_n \sin \alpha - T_k \cos \alpha - G \cos \theta = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Подставляя значения T_n и T_k в уравнение получим:

$$\begin{cases} m\omega^2 r \cos \alpha + m \frac{d\omega}{dt} r \sin \alpha - mg \sin \theta - N_1 = 0; \\ m\omega^2 r \sin \alpha - m \frac{d\omega}{dt} r \cos \alpha - mg \cos \theta = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Для составления дифференциального уравнения движения частиц почвы по винтовой поверхности выразим угловую скорость ω и скорость движения сошника v через производные времени:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}, \quad (3)$$

$$v = \frac{dx}{dt}. \quad (4)$$

Подставим в уравнение значения ω и $\frac{d\omega}{dt}$ по-

лучим:

$$\begin{cases} mr v^2 \left(\frac{d\theta}{dx} \right)^2 \cos \alpha + mr v^2 \frac{d^2\theta}{dx^2} \sin \alpha - mg \sin \theta - N_1 = 0 \\ rv^2 \left(\frac{d\theta}{dx} \right)^2 \sin \alpha - rv^2 \frac{d^2\theta}{dx^2} \cos \alpha - g \cos \theta = 0 \end{cases} \quad (5)$$

После преобразования получим выражение:

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} rv^2 \cos \alpha = \left(\frac{d\theta}{dx} \right)^2 rv^2 \sin \alpha - g \cos \theta. \quad (6)$$

Разделим полученное выражение на $rv^2 \cos \alpha$, получим:

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \left(\frac{d\theta}{dx} \right)^2 \operatorname{tg} \alpha - \frac{g \cos \theta}{rv^2 \cos \alpha}. \quad (7)$$

Таким образом, мы пришли к дифференциальному уравнению, в основе которого лежит условие оборота без отрыва и поперечного смещения пласта от дна бороздки при заданной скорости движения и глубины хода сошника. Решением уравнения для одного и того же сечения пласта будет пучок кривых $f(\theta, v, x) = 0$, в котором v является параметром пучка, т.е. конкретному значению скорости движения соответствует определенный шаг винтовой поверхности $\theta(x)$.

Для удобства проведения математических преобразований обозначим:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha, \quad \eta = \frac{g}{rv^2 \cos \alpha}, \quad \delta = \sqrt{\frac{\eta}{1 + \mu^2}}. \quad (8)$$

После математических преобразований дифференциального уравнения искомое решение в общем виде представим как:

$$\theta = f(\sqrt{\eta}, x, \mu), \quad (9)$$

$$F = \int_0^{\theta} \frac{\sqrt{1+4\mu^2} d\theta}{\sqrt{e^{M(2\theta-\pi)} \frac{6\mu^2+3}{1+\mu^2} - 2\sin\theta + 4\mu\cos\theta}} \quad (10)$$

В результате решения уравнение направляющей кривой в параметрическом виде будет иметь вид:

$$y = r \cos \theta; \quad (11)$$

$$z = r \sin \theta; \quad (12)$$

$$\theta = q_1 x + q_2 x^2 + q_3 x^3. \quad (13)$$

где $r = 1.015a$ – для пласта, имеющего форму прямоугольного треугольника; (14)

$r = \sqrt{a^2 + (b + 0.176a)^2}$ – для пласта, имеющего форму прямоугольной трапеции. (15)

Вывод дифференциального уравнения движения почвы по рабочей поверхности заделывающих органов сошника определил направляющую кривую, которая представляет собой винтовую линию переменного шага, определяемую уравнением (7) или аналитическими выражениями (11, 12, 13).

Для определения благоприятных условий прорастания семян при различных значениях глубины заделки семян и толщины прослойки почвы был поставлен лабораторный эксперимент. Основная цель эксперимента – установить оптимальную толщину прослойки почвы между удобрениями и семенами трав. Посев семян производился ленточным способом с внесением стартовой и основной дозы удобрений. Норма высева семян составила 5 кг/га, стартовое удобрение – диаммонитрофоска $N_{10}P_{10}K_{10}$ кг д. в. на

1 га и основной дозы $N_{30}P_{30}K_{30}$ кг д. в. на 1 га в гранулированном виде. Опыты закладывались в лабораторных условиях в ящиках, разделённых на 56 участков. Опыт предусматривал систематическое размещение вариантов, т.е. для каждой глубины заделки семян (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 мм) последовательно устанавливалась толщина прослойки почвы (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 мм). Температура и влажность почвы поддерживались близкими к естественным условиям. С момента появления всходов велся журнал наблюдений, где ежедневно отмечалось количество и высота прорастающих растений. В результате проведения опытов установлено, что первыми появились всходы трав там, где прослойка почвы составила: $h_{просл.} = 2$ мм при глубине заделки семян $h_{ссл.} = 10, 15, 20, 30$ мм; $h_{просл.} = 5$ мм при глубине заделки семян $h_{ссл.} = 25$ мм, $h_{просл.} = 6$ мм при глубине заделки семян 20 мм. Наибольшее количество (густота) растений нормально росло и развивалось в вариантах с толщиной прослойки почвы 2... 6 мм.

Подтверждение результатов лабораторного эксперимента получено в ходе производственных испытаний.

Теоретическими исследованиями установлено, что заделывающая поверхность, работающая в скоро-

стом режиме 1,39...3,33 м/с, должна иметь следующие параметры:

– длина заделывающей поверхности 0,08...0,193 м и определяется аналитическим выражением

$$L = 0,4v\sqrt{a};$$

– максимальный угол наклона касательной направляющей передней части винтовой поверхности к стенке бороздки, который обеспечивает отваливание и оборачивание пласта, для любых почв не должен превышать $\beta \leq 42^\circ$;

– максимальный угол наклона касательной направляющей задней части винтовой поверхности ко дну бороздки, который обеспечивает уплотнение, для любых почв не должен превышать $\delta \leq 8,5^\circ$.

В ходе лабораторно-полевых исследований установлено, что устойчивая работа заделывающих органов сошника обеспечивается с соблюдением агро-требований при различном его заглублении на скорости до 2,4 м/с.

Выводы

Для повышения эффективности мелкотоварного производства в статье предложены:

– схемы комбинированных агрегатов с комбинированными сошниками, совмещающие несколько операций, которые снижают в 1,5 раза энергозатраты за счёт сокращения числа проходов агрегатов по полю при посеве и уходе за сельскохозяйственными культурами;

– схема комбинированного сошника, который осуществляет ленточный высев семян с одновременным локальным внесением основной дозы удобрений в два ряда ниже семян, разделённых от них прослойкой почвы, что в сочетании со стартовым удобрением, приближенным к семенам, создает более благоприятные условия для прорастания семян, роста и развития растений, обеспечивая наиболее эффективное использование удобрений, что приводит к повышению урожайности;

– метод образования винтовой развертывающей поверхности заделывающих рабочих органов сошника, в основу которого положено движение прямой линией образующей по двум пространственным направляющим винтовым линиям переменного шага.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научно-инновационная деятельность на предприятии АПК: проблемы эффективности управления/ материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 16-18 февраля 2006 г./ А.Г.Вабищевич. Комбинированные агрегаты для мелкотоварного производства. - Минск, 2006. - С. 51-54.

2. А.Г. Вабищевич, М.А. Прищепов, И.А. Барановский и др. Положительное решение о выдаче патента Республики Беларусь от 29. 10.2007 на изобретение «Комбинированный двухдисковый сошник» по заявке №а 20050117 от 07. 02. 2005.

3. Гячев, Л.В. Теория лемешно-отвальной поверхности/ Л.В. Гячев.- Зерноград, 1961. - 317 с.