

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ ТОЧНОГО ВЫСЕВА

IMPROVEMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WORKING OF SEED-SOWING MECHANISM OF PRECISION SEEDER

Андрей Несмиян, Александр Яковец, Владимир Шумаков

ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» г. Зерноград Ростовской области, Россия
iap@achgaa.ru

Gauta 2013-03-21, pateikta spaudai 2013-09-02

К посеву пропашных культур предъявляют особые требования. В отличие от зерновых, они высеваются в рядок с определенным шагом, позволяющим обеспечить рациональное размещение растений по площадям питания. За счет этого создаются необходимые условия для их дальнейшего роста и получения высоких урожаев. Во всем мире для посева пропашных культур чаще всего применяют пневматические сеялки точного высева, оборудованные вакуумными высевальными аппаратами, от работы которых во многом зависит качество выполнения операции.

В работе вакуумного высевального аппарата можно выделить несколько основных этапов, среди которых одним из наиболее ответственных является процесс захвата единичного семени и выноса его из слоя других семян присасывающим отверстием высевального диска. Проведенный анализ работ позволил сделать вывод, что воздействие ворошителя на слой семян в зоне их захвата присасывающими отверстиями значительно повышает эффективность этого процесса.

С целью активизации рабочего процесса центрального ворошителя авторы предлагают изготавливать его лопасти таким образом, чтобы их рабочие грани были обращены в направлении вращения ворошителя и к плоскости высевального диска. Это позволит использовать ворошитель не только для активизации слоя семян, но и для поддавливания их к присасывающим отверстиям высевального диска.

В статье представлено обоснование предложенной конструкции ворошителя, приведены результаты сравнительных экспериментальных исследований серийного и модернизированного вакуумных высевальных аппаратов и анализ полученных данных, сформулированы выводы.

Сеялка точного высева; вакуумный высевальный аппарат; модернизация, ворошитель семян, дозирующий элемент; повышение качества дозирования семян; экспериментальные исследования.

Введение

К посеву пропашных культур предъявляют особые требования. В отличие от зерновых, они высеваются в рядок с определенным шагом, позволяю-

щим обеспечить рациональное размещение растений по площадям питания. За счет этого создаются необходимые условия для их дальнейшего роста и получения высоких урожаев /1/. Во всем мире для посева пропашных культур чаще всего применяют пневматические сеялки точного высева, оборудованные вакуумными высевающими аппаратами /2/, от работы которых во многом зависит качество выполнения операции.

В работе вакуумного высевающего аппарата можно выделить несколько основных этапов, среди которых одним из наиболее ответственных является процесс захвата единичного семени и выноса его из слоя других семян присасывающим отверстием высевающего диска. Проведенный анализ работ позволил сделать вывод, что воздействие ворошителя на слой семян в зоне их захвата присасывающими отверстиями значительно повышает эффективность этого процесса /3/.

Состояние вопроса

Повышение эффективности захвата семян, связанное с активацией их со стороны ворошителя, обусловлено тем, что при этом семена еще до начала процесса присасывания приобретают скорость, близкую к скорости дозирующих элементов, за счет чего снижается действующая на них сила инерции. Расчеты Д.Г. Вальянова показали, что отказ от активации семян приводит к необходимости увеличения разрежения в вакуумной камере почти в 35 раз /3/.

Вредное влияние ускорения семени относительно присасывающего отверстия в большинстве современных высевающих аппаратов устраняется путем установки центрально расположенного ворошителя, который закреплен на одном валу с высевающим диском и вращается с такой же частотой. В некоторых случаях производители сеялок в качестве ворошителя применяют штифты, служащие одновременно для фиксации высевающего диска. Вследствие того, что лопасти или штифты таких ворошителей расположены на некотором радиальном удалении от траектории движения дозирующих элементов, эффективность их воздействия на присасываемые семена снижена /3/.

Для повышения активности воздействия лопастей или штифтов ворошителя на семенной материал многие авторы предлагают смещать их непосредственно на окружность расположения присасывающих отверстий, что позволяет снизить потребное для присасывания семян разрежение и, соответственно, уменьшает вероятность появления «пропусков» при посеве /4/. Однако, для таких периферийных ворошителей характерен ряд общих недостатков: повреждение семенного материала, снижение качества работы сбрасывателя «лишних» семян, необходимость изготовления в днище семенной камеры прорези для входа выступов ворошителя. Поэтому в производстве наибольшее распространение получили высевающие аппараты с центральными ворошителями семян, несмотря на относительно невысокую эффективность их работы.

Целью исследований является обоснование конструкции центрального ворошителя семян пневмовакуумного высевающего аппарата, позволяющей повысить эффективность его применения и снизить частоту нулевых подач семян дозирующими элементами аппарата.

Обоснование предложенной конструкции ворошителя семян

Одним из возможных способов активизации рабочего процесса центрального ворошителя семян, по мнению авторов, является расположение его лопастей таким образом, чтобы их рабочие грани были обращены в направлении вращения ворошителя и к плоскости высевающего диска (рис. 1). Это позволит использовать ворошитель не только для активизации слоя семян, но и для поддавливания их к присасывающим отверстиям высевающего диска /3/.

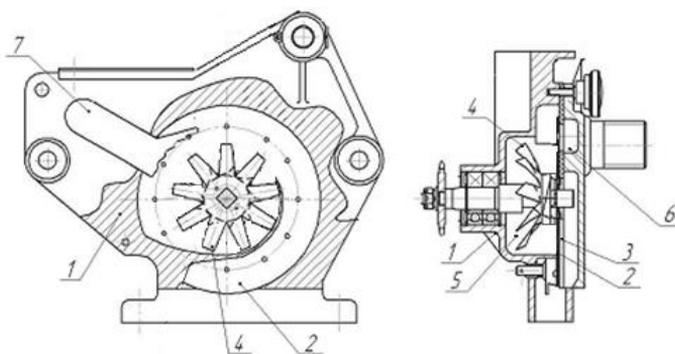


Рис. 1. Схема вакуумного высевающего аппарата с предложенным ворошителем семян: 1 – корпус; 2 – высевающий диск; 3 – прокладка; 4 – предлагаемый ворошитель семян; 5 – семенная камера; 6 – вакуумная камера; 7 – сбрасыватель «лишних» семян

Fig. 1. The scheme of vacuum seed-sowing mechanism with suggested agitator of seeds: 1 – body; 2 – feed disk; 3 – interlayer; 4 – suggested agitator of seeds; 5 – seed chamber; 6 – vacuum chamber; 7 – refuser of «needless» seeds

С целью определения рационального угла расположения лопастей предложенного ворошителя по отношению к высевающему диску проведем анализ сил, действующих на семя в процессе его захвата и выноса из слоя (рис. 2, а).

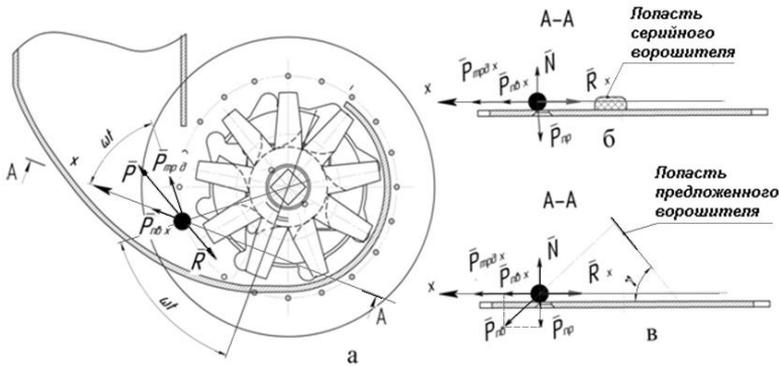


Рис. 2. Схема к определению условия выноса единичного семени из слоя
Fig. 2. The scheme for definition of condition for carrying single seed out of the layer of the others

Условие выноса единичного семени из слоя семян в упрощенной форме можно выразить неравенством

$$P > R, \quad (1)$$

где P – равнодействующая сил, способствующих выносу семени, N ;
 R – равнодействующая сил сопротивления, действующих на семя, N .

Сила P определяется двумя основными составляющими – силой трения высевающего диска о семя ($P_{тр д}$) и силой подпора семени через слой семян со стороны ворошителя ($P_{пв}$).

Равнодействующая сил сопротивления включает силу трения прилегающего слоя семян о выносимое семя, лобовое сопротивление вышележащего слоя семян, центробежную силу, силу тяжести, силу инерции и т.д.

В проекции на ось X , проходящую через центр тяжести семени и лежащую в одной плоскости, нормальной к поверхности высевающего диска, с силой подпора семян со стороны ворошителя $P_{пв}$ (рис. 2), условие выноса единичного семени из слоя семян можно отобразить в виде

$$P_{тр д x} + P_{пв x} > R_x, \quad (2)$$

где $P_{тр д x}$, $P_{пв x}$, R_x – проекции соответствующих сил на ось X .

В случае применения серийного ворошителя (рис. 2, б) силу подпора с его стороны на присасываемое семя с определенным приближением можно считать направленной параллельно плоскости высевающего диска, т.е. $P_{пв x} = P_{пв}$. Силу трения поверхности высевающего диска после ряда допущений, преобразований и упрощений можно определить исходя из выражения

$$P_{тр д} = P_{пр} \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

где $P_{пр}$ – сила присасывания, действующая на семя, N ;

φ – угол трения семян о материал высеваящего диска, град.

С учетом выражений (2) и (3) условие (1) можно записать в виде

$$P_{mp} \operatorname{tg} \varphi \cos \omega t + P_{пв} > R_x. \quad (4)$$

В случае применения предлагаемого ворошителя с лопастями, обращенными к поверхности высеваящего диска (рис. 2, в), значение проекции силы $P_{пв}$ на ось X определим как

$$P_{пвх} = P_{пв} \sin \gamma, \quad (5)$$

где γ – угол наклона рабочей поверхности дополнительной лопасти ворошителя к плоскости высеваящего диска, Н.

Пренебрегая боковой составляющей поддавливания вышележащего слоя семян, силу трения поверхности высеваящего диска о семя можно выразить равенством

$$P_{трд} = (P_{mp} + P_{пв} \cos \gamma) \operatorname{tg} \varphi. \quad (6)$$

Тогда условие выноса семени из слоя, при применении предлагаемого ворошителя

$$P_{mp} \operatorname{tg} \varphi \cos \omega t + P_{пв} \cos \gamma \operatorname{tg} \varphi \cos \omega t + P_{пв} \sin \gamma > R_x. \quad (7)$$

Сравнивая выражения (4) и (7) можно сделать вывод, что применение дополнительных лопастей ворошителя эффективно в том случае, если

$$f(\omega t) = \cos \gamma \operatorname{tg} \varphi \cos \omega t + \sin \gamma > 1. \quad (8)$$

где $f(\omega t)$ – функция, характеризующая сравнительную эффективность применения предложенного ворошителя.

В неравенстве (8) угол ωt переменный, его уменьшение приводит к увеличению эффективности действия ворошителя, что естественно, т.к. чем ближе лопасть ворошителя к семени, тем активнее она на него воздействует.

Определим рациональный угол γ установки лопастей предлагаемого ворошителя к плоскости высеваящего диска. Его можно найти исходя из условия

$$\cos \gamma \operatorname{tg} \varphi + \sin \gamma \rightarrow \max. \quad (9)$$

Для нахождения экстремума продифференцируем выражение (9) и, после необходимых проверок, приравняем полученную зависимость к нулю:

$$\cos \gamma - \operatorname{tg} \varphi \sin \gamma = 0 \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{ctg} \varphi.$$

Откуда следует, что рациональное значение угла γ

$$\gamma = \arctg(\operatorname{ctg}\varphi) \quad \text{или} \quad \gamma = \pi/2 - \varphi. \quad (10)$$

В высевальных аппаратах большинства российских и зарубежных сеялок применяют высевальные диски, выполненные из нержавеющей стали. Для семян наиболее распространенных пропашных культур значение угла трения движения семян по стали $\varphi_{ст}$ находится в интервале от $20-25^{\circ}$ (клещеви́на, кукуруза) до 35° (свекла, бахчевые). Для инженерного расчета примем усредненное значение $\varphi_{ст}=27^{\circ}$. Тогда рациональное значение угла $\gamma=63^{\circ}$.

На рисунке 3 представлено графическое отображение неравенства (8) при $\varphi_{ст}=27^{\circ}$ и $\gamma=63^{\circ}$.

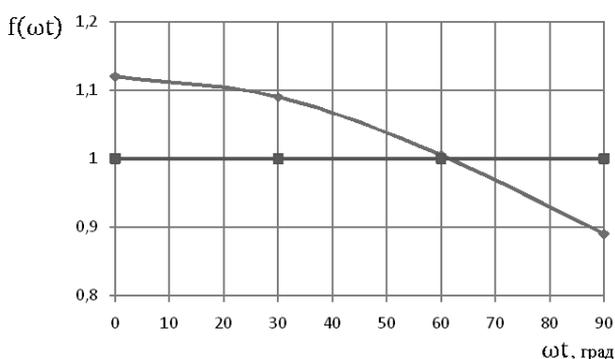


Рис. 3. Изменение эффективности применения предложенного ворошителя семян
Fig. 3. The change of efficiency of using of the suggested agitator of seeds

Из рисунка 3 можно сделать косвенный вывод, что для эффективной работы предложенного ворошителя число лопастей должно быть больше шести, так как его работа эффективна ($f(\omega t) > 1$) при угловом расстоянии между семенем и лопастью не более 60 градусов.

Методика и результаты экспериментальных исследований

С целью проверки приведенных теоретических расчетов на кафедре механизации растениеводства ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» (г. Зерноград Ростовской области) был проведен ряд лабораторно-стендовых экспериментов. В экспериментах исследовалась работа серийного вакуумного высевального аппарата сеялки МС-8 (вариант 1) и аппарата МС-8 с предлагаемым ворошителем (вариант 2), содержащем девять лопастей, установленных под углом 63° к плоскости высевального диска.

В опыте высевались семена кукурузы сорта Рик 340 МВ при частотах вращения высевального диска $n=30; 45$ и 60 об/мин, что примерно соответствует скоростям движения посевного агрегата $V_m=1,5; 2,5$ и $3,5$ м/с. В опытах раз-

режение в вакуумной камере принималось согласно рекомендациям производителей посевной техники $H = 4$ и 5 кПа. Для каждого режима испытания проводились в трех повторностях. В каждой повторности фиксировалось 300 подач семян присасывающими отверстиями. Условия проведения экспериментов и полученные результаты представлены в таблице 1.

Основными критериями оценки работы аппарата являлись: частота нулевых подач p_0 (%), частота двойных подач p_2 (%), средняя подача семян присасывающими отверстиями M (шт), среднее квадратическое отклонение подачи семян σ (шт) и коэффициент вариации подачи семян V (%). Остальные показатели (σ_v – среднее квадратическое отклонение коэффициента вариации подачи семян; m_v – ошибка коэффициента вариации подачи семян и P_v – показатель точности опыта) характеризуют точность проведения эксперимента.

Таблица 1. Условия эксперимента и показатели качества работы исследуемых высевальных аппаратов

Table 1. The conditions of the experiment and the parameters of quality of work of the investigated seed-sowing mechanisms

Тип	H, кПа	n, об/мин	p_0 , %	p_2 , %	M, шт	σ , шт	V, %	σ_v , %	m_v , %	P_v , %
Вариант 1	4,0	60	67,2	0	0,33	0,47	143,0	6,9	0,39	0,27
		45	28,2	0	0,72	0,45	62,6	2,9	0,17	0,27
		30	5,2	0,3	0,95	0,23	24,3	5,3	0,31	1,27
	5,0	60	11,2	1,5	0,90	0,34	37,9	1,2	0,07	0,18
		45	6,8	3,5	0,97	0,32	33,1	3,6	0,21	0,60
		30	1,3	3,8	1,03	0,22	21,5	1,1	0,06	0,30
Вариант 2	4,0	60	23,7	0,7	0,77	0,44	56,8	2,0	0,12	0,21
		45	16,8	2,2	0,85	0,41	48,1	3,6	0,21	0,44
		30	2,7	2,7	1,00	0,23	23,2	2,3	0,13	0,56
	5,0	60	7,5	3,2	0,96	0,32	33,9	1,4	0,08	0,23
		45	1,7	3,5	1,02	0,23	22,3	2,8	0,16	0,72
		30	0,7	4,8	1,04	0,23	22,2	5,3	0,31	1,40

Анализ полученных результатов

Анализ качества работы аппарата удобно проводить по частоте нулевых подач, так как этот показатель заложен в агротребованиях, или по коэффициенту вариации подачи семян V , как одному из наиболее обобщенных параметров, учитывающих другие частные показатели.

Анализ данных таблицы 1 позволяет сделать следующие выводы:

Увеличение частоты вращения высевального диска во всех случаях приводит к росту и частоте появления «нулевых» подач, и коэффициента вариации подачи семян.

При частоте вращения 60 об/мин частота появления нулевых подач во всех экспериментах превышает допустимые 2%, из чего следует, что посев кукурузы сеялкой МС-8 следует производить на скорости не более 10 км/ч.

При разрежении в вакуумной камере $H=4$ кПа ни один из исследуемых аппаратов не обеспечил качество дозирования семян, предусмотренное агро-требованиями (частота нулевых подач не должна превышать 2%). Тем не менее, из таблицы видно, что при таком разрежении применение предложенного ворошителя позволило значительно снизить коэффициент вариации подачи семян (в среднем в 1,8 раза). Разница в работе сравниваемых аппаратов особенно очевидна при больших значениях частоты вращения высевающего диска – применение предложенного ворошителя позволило снизить число «пропусков» в 2,8 раза при $n = 60$ об/мин и в 1,7 раза при $n = 45$ об/мин по сравнению с показателями работы серийного аппарата.

При разрежении $H=5$ кПа применение предложенного ворошителя позволило снизить коэффициент вариации подачи семян в среднем в 1,2 раза по сравнению с работой серийного аппарата, при этом число нулевых подач снизилось в среднем почти в два раза. Следует особо отметить, что высевающий аппарат с предложенным ворошителем позволяет производить качественное дозирование семян при частоте вращения высевающего диска 45 об/мин (что примерно соответствует скорости движения агрегата $V_m = 9$ км/ч), серийный аппарат показал неудовлетворительное качество работы на данном режиме.

Выводы

Моделирование процесса работы вакуумного высевающего аппарата пропашной сеялки подтвердило гипотезу о целесообразности модернизации ворошителя семян таким образом, чтобы его рабочие грани были обращены к плоскости высевающего диска и в направлении его вращения.

Эксперименты, проведенные на высеве кукурузы, показали, что при частоте вращения высевающего диска 45 об/мин (что соответствует рекомендованной скорости движения посевного агрегата 9 км/ч) и разрежении в вакуумной камере $H = 5$ кПа применение предложенного ворошителя семян позволило снизить число «нулевых» подач в 4 раза по сравнению с аналогичным показателем работы серийного аппарата, при этом коэффициент вариации подачи семян высевающим аппаратом снизился почти в 1,5 раза. Причем с ухудшением условий для дозирования семян (снижение разрежения в вакуумной камере, увеличение угловой скорости вращения диска) эффективность предложенной модернизации возрастает.

Литература

1. Несмиян, А. Ю. Повышение скорости машинно-тракторного агрегата на посеве пропашных культур / А.Ю. Несмиян, В.В. Должиков, А.В. Яковец. *Вестник ОрелГАУ*, №4 (31), 2011. С. 61.
2. Яковец, А. В. Анализ дозирующих систем сеялок точного посева / А.В. Яковец. *Аграрная Россия*, 2011. № 3. С. 60.
3. Несмиян, А. Ю. Совершенствование технологического процесса посева семян тыквы аппаратом пневматической сеялки. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук / А.Ю. Несмиян. *Зерноград*. 2002. 132 с.
4. Бертов, А. А. Интенсификация технологического процесса посева семян подсолнечника аппаратом пневматической сеялки. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. *Зерноград*, 1984. 170 с.
5. Лобачевский, П. Я. Закономерности и прогноз точной подачи семян дозирующими элементами посевающих аппаратов. *Совершенствование технических средств в растениеводстве. Межвузовский сборник научных трудов* / П.Я. Лобачевский. *Зерноград*, 2009. С.37.

A. Nesmiyan, A. Yakovets, V. Shumakov

IMPROVEMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WORKING OF SEED-SOWING MECHANISM OF PRECISION SEEDER

Abstract

They make special demands to the planting of the tilled crops. Unlike grain crops the tilled crops are sowed in a line with the certain step, which permits to provide the rational placing of the plants on the feeding areas. Due to this the necessary conditions are made for their further growth and getting of big crops. For planting of the tilled crops all over the world they apply pneumatic precision drills with vacuum seed-sowing mechanisms and the quality of realization of the operation depends on their work much.

The process of work of the vacuum seed-sowing mechanism can be divided on basic stage, the process of catching a single seed and carrying it out of the layer of the others with the drawing hole is the most responsible among them. The analyses of the work which has been done let conclude that the influence of the agitator on the layer of the seeds in the zone of their catching with the drawing holes increases the efficiency of this process.

With an aim of the activation of the working process of the central agitator the authors offer to make its blades in such a way that their working sides would be turned in the direction of rotation of the agitator and the plane of the feed disk. All this let use the agitator not only for activation of the layer of seeds but for their push to the drawing holes of the feed disk.

The proof of the offered construction is presented in the article, the results of the comparative experimental researches of the serial and the modernized vacuum seed-sowing mechanisms and the analyses of obtained data are shown, conclusions have been formulated.

Precision drill; vacuum seed-sowing mechanism; modernization; agitator; dosing element; raising of quality of dosing of the seeds; experimental research.

A. Nesmiyan, A. Yakovets, V. Shumakov

TIKSLIOS SĖJOS SĖJAMOSIOS SĖJAMOJO APARATO DARBO EFEKTYVUMO DIDINIMAS

Santrauka

Kaupiamųjų augalų sėjai taikomi ypatingi reikalavimai. Skirtingai nuo grūdinių, kaupiamieji augalai sėjami su tam tikrais atstumais tarp sėklų, leidžiančiais užtikrinti tinkamą augalų pasiskirstymą visame maitinamajame dirvos plote. Tuo pagrindu sudaromos palankios sąlygos augalams vystytis ir geriems derliams gauti. Kaupiamųjų augalų sėjai, visame pasaulyje, dažniausiai naudojamos tikslaus išsėjimo pneumatinės sėjamosios, turinčios vakuuminis sėjamuosius aparatus, nuo kurių priklauso sėjos technologinės operacijos darbo kokybė.

Vakuuminio sėjamojo aparato darbe galima išskirti keletą pagrindinių etapų, tarp kurių, vienu iš svarbiausių laikomas, sėklų atskyrimas nuo sėklų sluoksnio ir prisiurbimas po vieną sėklą prie sėjamojo aparato disko skylučių. Atlikta darbo analizė leidžia daryti išvadą, kad sėklų sluoksnyje panaudojant rotorinį maišytuvą, sėklų prisiurbimo prie disko skylučių proceso efektyvumas padidėja.

Siekdami suaktyvinti centrinio maišytuvo darbo procesą, autoriai siūlo maišytuvo menteles gaminti tokias, kad jų darbiniai paviršiai būtų pakreipti maišytuvo sukimosi kryptimi į sėjamos aparato disko plokštumą. Tai leistų maišytuvą panaudoti ne tik sėklų sluoksnio suaktyvinimui, bet ir sėklų pastūmimui link sėjamojo aparato disko skylučių.

Straipsnyje pateikiami siūlomo maišytuvo konstrukciniai pagrindai, serijinio ir patobulinto vakuuminio sėjamojo aparato palyginamieji eksperimentinių tyrimų rezultatai, jų analizė ir išvados.

Tikslios sėjos sėjamoji, vakuuminis sėjamasis aparatas, modernizavimas, sėklų maišytuvas, dozavimo elementas, sėklų dozavimo kokybės didinimas, eksperimentiniai tyrimai.