

CZU 631.362.5

ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОТБОРА СЕМЯН ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ ВЫСЕВАЮЩИМИ АППАРАТАМИ С НАРУЖНОЙ КАМЕРОЙ ДАВЛЕНИЯ

В. СЕРБИН

Государственный аграрный университет Молдовы

Abstract. In this article the mathematical model of one-grain batching of seeds by pneumatic sowing devices with an external pressure chamber is offered. The regime parameters of the working process are determined, the limits of final seeds seizing and equipment dissemination are established at various pressure and also their critical speeds of movement.

Key words: Final seeds seizing, Period length of seeds selection, Process of seeds selection, Power of seeds friction, Seeds dissemination time, Seeds dissemination speed, Sowing equipment.

ВВЕДЕНИЕ

Детальный анализ изучения процессов отбора семян вакуумными высевальными аппаратами показывает, что в исследовательских работах, которые носили преимущественно частный характер, были выявлены в основном качественные соотношения между обуславливающими процесс факторами. Применительно к нагнетательным высевальным аппаратам ротационных сеялок, где условия отбора семян особенно жестки из-за повышенных частот вращения, качественные критерии оценки процесса отбора семян становятся недостаточными. Для этого необходима иная, прежде всего, количественная интерпретация процесса.

ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Рабочий процесс высевального аппарата можно разделить на несколько фаз: первая - перемещение присоски в массу семян; вторая - захват семян присоской; третья - перенос семян к отверстию распределителя; четвертая - отделение семян от присоски при экранировании в ней давления.

Второй фазовый процесс, связанный с отбором и выносом из слоя отдельных семян, является наиболее ответственным и вместе с тем наименее организованным в статистическом смысле по сравнению с другими фазовыми процессами. Поэтому нормальное функционирование высевального аппарата в целом зависит исключительно от надежности и устойчивости процесса отбора семян.

Для разработки теоретических предпосылок работы высевального аппарата, использована аналитическая модель основанная на следующих предпосылках: отбор семян присосками осуществляется из верхнего слоя семян, так что взаимодействие отбираемых семян с остальными несущественно; семя захватывается нарастающей в некотором промежутке времени прижимной силой воздуха, ускоряясь при этом от нулевой до окружной скорости присоски; присоска отбирает из общей массы единичное семя с учетом чтобы в силу инерции захватываемое семя не получало бы мгновенно окружной скорости;

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Действующие на семя силы при захвате его присоской высевального аппарата показаны на рис. 1, где S и N естественные координаты оси с началом в движущейся присоске. В этой системе координат получаем записанное в форме Эйлера следующее уравнение движения семени:

$$m\ddot{S} = F_T - mg\sin\varphi, \quad (1)$$

$$\frac{m\dot{S}^2}{r_0} = F_c - N - mg\cos\varphi. \quad (2)$$

Определим силу трения семени по аппарату:

$$F_T \Rightarrow fN \Rightarrow f \left(F_n - \frac{m\dot{S}^2}{r_a} - mg \cos \varphi \right). \quad (3)$$

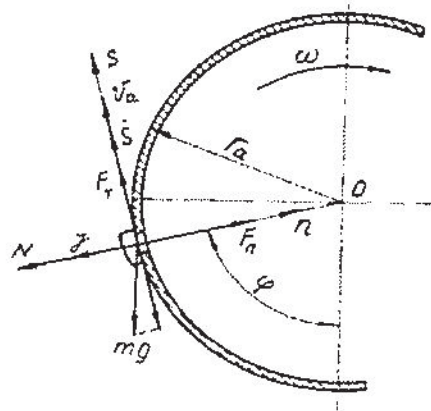


Рис.1. Силы действующие на семя

mg - сила тяжести семени; F_n - прижимная сила воздуха; F_T - сила трения; N - нормальная реакция; J - центробежная сила; S - перемещение семени; V_a ; \dot{S} - скорости соответственно присоски и семени.

Подставляя значение силы трения в уравнение (1), имеем:

$$m\ddot{S} = f \left(F_n - \frac{m\dot{S}^2}{r_a} - mg \cos \varphi \right) - mg \sin \varphi, \quad (3)$$

и далее, после преобразования, получим:

$$\ddot{S} = \frac{F_n f}{m} - \frac{f\dot{S}^2}{r_a} - g(f \cos \varphi + \sin \varphi). \quad (4)$$

Предполагая, что в течение фазы отбора угол поворота присоски (φ) существенно не меняется, выражения

$$\frac{fF_n}{m} - g(f \cos \varphi + \sin \varphi) = a; \quad \frac{f}{r_a} = b, \quad (5)$$

можно принять за константы.

Тогда получим такое дифференциальное уравнение:

$$\ddot{S} = a - b\dot{S}^2. \quad (6)$$

Запишем уравнение (6) в следующем виде:

$$\frac{d\dot{S}}{dt} = a - b\dot{S}^2, \text{ которое в результате разделения переменных и интегрирования принимает вид:}$$

$$\int \frac{d\dot{S}}{(a - b\dot{S}^2)} + c_1 = t. \quad (7)$$

Для упрощения выражений дополнительно обозначим:

$$A = \sqrt{\frac{a}{b}}, \quad u = \sqrt{ab}. \quad (8)$$

Далее потенцируя и проведя преобразования, получим:

$$\frac{(1 + A\dot{S})}{(1 - A\dot{S})} = e^{2ut},$$

$$A\dot{S}(e^{2ut} + 1) = e^{2ut} - 1.$$

Отсюда находим скорость семени в интервале разгона:

$$\dot{S} \Rightarrow V_c = \left(\frac{e^{2ut} - 1}{A(e^{2ut} + 1)} \right) \quad (9)$$

Полученное уравнение показывает, что текущая скорость семени, разгоняемого в процессе захвата, в зависимости от времени представляет собой гиперболическую функцию тангенса, т.е.:

$$V_c = \frac{th(ut)}{A} \quad (10)$$

Отбор единичного семени из общей массы возможен только при выполнении условия, когда скорость его разгона достигнет скорости аппарата:

$$V_c = V_a.$$

Захват семени сопровождается некоторым перемещением его относительно присоски. Это один из ограничивающих процесс параметров, который можно рассматривать также как интервал разгона семени по пути.

Используя для определения пути разгона семени уравнение (9), запишем его так:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{(e^{2ut} - 1)}{A(e^{2ut} + 1)}.$$

Произведем интегрирование:

$$S = A^{-1} \int \frac{(e^{2ut} - 1) dt}{(e^{2ut} + 1)}. \quad (11)$$

Окончательная формула перемещения семени в функции времени:

$$S = \left(\frac{1}{2uA} \right) \ln \left| \frac{(e^{2ut} + 1)^2}{4e^{2ut}} \right|. \quad (12)$$

Представляет интерес зависимость между перемещением семени и его скоростью. Для ее определения воспользуемся уравнением (6).

Запишем его следующим образом:

$$\frac{d\dot{S}}{dS} \frac{dS}{dt} = a - b\dot{S}^2,$$

$$\left(\frac{d\dot{S}}{dS} \right) \dot{S} = a - b\dot{S}^2. \quad (13)$$

С учетом этого после преобразования имеем:

$$S = \left(\frac{1}{2b} \right) \ln \left| \frac{a}{(a - b\dot{S}^2)} \right|.$$

Подставляя ранее принятые обозначения, получим выражение для перемещения семени в таком виде:

$$S = \left(\frac{l}{2b}\right) \ln \left| \frac{1}{(1 - A^2 \dot{S}^2)} \right|. \quad (14)$$

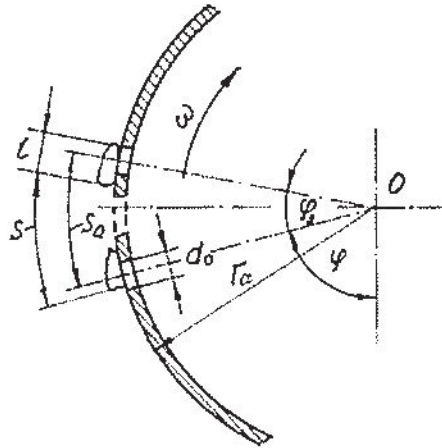


Рис. 2. Схема захвата семени присоской

d_0 - диаметр отверстия присоски; l - размер семени; φ - фаза отбора по углу поворота.

Уравнение (14) описывает абсолютное перемещение захватываемого аппаратом семени в зависимости от его скорости. Конечное перемещение семени в интервале разгона ограничивается окружной скоростью аппарата. Его можно получить из уравнения (14), если вместо скорости семени подставить окружную скорость аппарата. Тогда конечный путь в интервале разгона семени определится выражением:

$$S_b = \left(\frac{l}{2b}\right) \ln \left| \frac{1}{(1 - A^2 V_a^2)} \right|, \quad (15)$$

где: V_a - окружная скорость аппарата.

Захват и отбор семян может выполняться лишь при определенных условиях из соотношений размеров семени и отверстий присосок (рис. 2). При этом требуется соблюдение, по крайней мере, следующего соотношения:

$$S_a - S = l - d_0. \quad (16)$$

Причем:

$$S_a = V_a t, \quad (17)$$

где: S_a - перемещение присоски аппарата; S - перемещение семени при разгоне под действием прижимной силы воздуха; l - средний размер семени; d - диаметр отверстия присоски.

Отметим также, что:

$$\Delta S = S_a - S \quad (18)$$

не что иное, как относительное перемещение семени по отверстию присоски. Другими словами, это путь скольжения семени по поверхности аппарата в зоне отверстия. Очевидно, что для того, чтобы осуществлялся захват семени, должно выполняться требование:

$$S_a - S \leq l - d_o; S \geq S_a - (l - d_o) \quad (19)$$

Выражение (19) в сочетании с выражениями (9), (12) и (15) позволяют произвести расчеты числовых характеристик скорости, пути и времени перемещения семени - и установить режимные параметры процесса, при которых отбор семян осуществляется пневматическим аппаратом. Приближая к реальным условиям работу аппарата, примем числовые константы некоторых факторов (таб. 1).

При этом будем исходить из того, что уровень семян в аппарате, как наиболее приемлемый из всех возможных вариантов, совпадает или почти совпадает с его осью. Следовательно, можно считать, что угол поворота присоски (рис. 1) и его функции могут быть выражены:

$$\varphi = 90^\circ; \cos \varphi = 0; \sin \varphi = 1.$$

Тогда, согласно выражениям (5) и (8), получим:

$$A = \sqrt{\frac{fm}{(fF_n - mg)r_a}} \quad (20)$$

$$U = \sqrt{\frac{f(fF_n - mg)}{mr_a}} \quad (21)$$

Определимся с прижимной силой воздуха. Принято считать, что она выражается через давление и площадь отверстия присоски:

$$F_n = kH \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \quad (22)$$

где: k - коэффициент пропорциональности, учитывающий суммарное действие различных, чаще всего неконтролируемых факторов;

H - избыточное давление воздуха в аппарате.

Таблица 1

Числовые значения постоянных факторов

Наименование факторов	Обозначения	Величина
Масса семени, кг.	m	0,00028
Коэффициент трения	f	0,40
Радиус аппарата, м.	r_a	0,08
Средний размер семени, м.	l	0,008
Диаметр присоски, м.	d	0,004

Вообще говоря, прижимная сила - изменяющийся по величине фактор. В начальный момент при совмещении движущейся присоски с семенем прижимная сила возрастает пропорционально перекрываемой семенем площади присоски. Закономерность возрастания этой силы, как и перекрываемой семенем площади достаточно сложна и трудоемка для определения. Но это изменение можно учитывать по некоторым коэффициентам, выравнивающим во времени эффект прижимной силы. В связи с этим представляется вполне возможным коэффициент пропорциональности, входящий в формулу (22), интерпретировать как коэффициент использования площади отверстия присоски. Само собой разумеется, что этот коэффициент всегда должен быть меньше единицы и иметь статистическую природу. В дальнейших расчетах на основании интуитивных соображений остановимся на значении коэффициента использования площади отверстия, равного 0,8. С учетом принятых констант при различных давлениях воздуха получим следующие значения членов расчетных формул (таб. 2). Используя их, находим в числовом выражении закономерности движения семян в фазе отбора. Следует отметить что, как показывают выражения (5) и (8), справедливо следующее соотношение:

$$AU \Rightarrow b \Rightarrow \frac{f}{r_a} \Rightarrow const, \quad (23)$$

Таблица 2

Значения членов расчётных формул при различных давлениях

№ п/п	H, Па	Fn, Н	A	U	b ⇒ AU
1	1000	0.010	1.080	4.63	5
2	1500	0.015	0.661	7.56	5
3	2000	0.020	0.519	9.64	5
4	2500	0.025	0.441	11.34	5
5	3000	0.030	0.390	12.82	5
6	3500	0.035	0.353	14.14	5
7	4000	0.040	0.326	15.35	5

которое показывает, что произведение этих компонентов не зависит от давления или прижимной силы воздуха. Это упрощает расчетные формулы. По данным расчетов, для различных давлений воздуха в функции времени построены графики скорости (рис.3) и перемещения семени (рис.4) в фазе отбора. При построении и анализе графических аналогов процесса движения семени выявлено следующее. На скорость разгона семени сильно влияет давление. В исследуемых интервалах от 1.0 до 3.5 кПа эта скорость примерно пропорциональна давлению воздуха. Скорость разгона в зависимости от времени в пределах небольшого промежутка также линейна. Поэтому сложное для расчета скорости разгона семени выражение (9) в дальнейшем можно заменить полученной из графиков (рис.3) формулой:

$$V_c = \mu_1 Ht \tag{24}$$

где: μ_1 - коэффициент пропорциональности, определяемый непосредственно из графика;

H - давление воздуха в Па.

С учетом найденного числового значения коэффициента пропорциональности скорость разгона семени для ранее оговоренных условий определяется из выражения:

$$V_c = 0,01Ht \tag{25}$$

При различных давлениях воздуха различно и время захвата семян. На время захвата очень сильно влияет окружная скорость аппарата. Так, например, при давлении воздуха 3000 Па и окружных скоростях аппарата, равных 0.35 и 0.50 м/с, время захвата соответственно составляет 0.011 и 0.016 с, а для тех же скоростей аппарата при давлении воздуха 2000 Па, время захвата возрастает до 0.019 и 0.028 с.

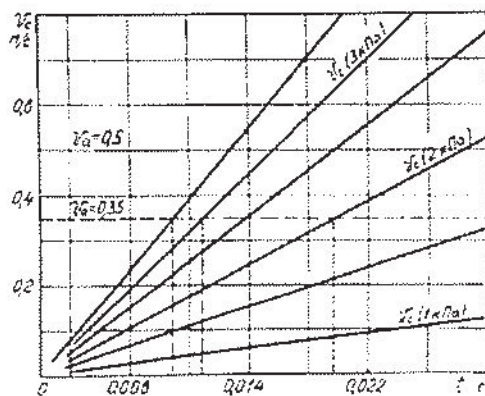


Рис. 3. Скорости семян в фазе захвата при различных давлениях

V_c (2кПа) - скорость семени при давлении в 2 кПа; $V_c = 0,35$ - скорость присоски аппарата.

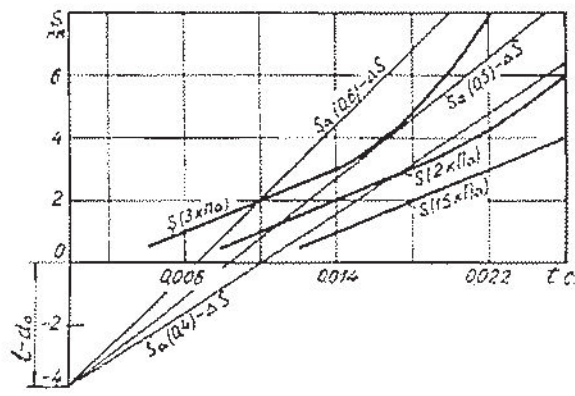


Рис. 4. Перемещения семени и присоски аппарата

S (2кПа) - перемещение семени при давлении в 2 кПа; S (0.5) - перемещение присоски при окружной скорости аппарата $V_s = 0.5 \text{ м с}^{-1}$; $D S = |l - d_0|$ - предельно допустимое перемещение семени относительно отверстия присоски.

Чем меньше давление воздуха и больше окружная скорость, тем больше требуется времени для захвата семени. На графиках, отображающих процесс перемещения взаимодействующих между собой присоски и семени, видно, что захват семени присоской определяется не только повышенным давлением воздуха и пониженной окружной скоростью аппарата, но в немалой мере зависит также от соотношения размера семени и диаметра присоски. Семена будут отбираться аппаратом, если будет соблюдено следующее условие, вытекающее из выражения (19):

$$S_{(H)} \geq S_a(V_a) - \Delta S \quad (26)$$

где: $S_{(H)}$ - перемещение семени при заданном давлении воздуха

$S_a(V_a)$ - перемещение присоски при заданной окружной скорости аппарата.

Графики показывают, что при окружной скорости аппарата 0.6 м/с семена присосками отбираться не будут даже при давлении воздуха в 3 кПа. При окружной скорости аппарата 0.5 м/с семена будут отбираться тогда, когда давление воздуха в аппарате будет превышать 3 кПа. При давлении воздуха 2 кПа отбор семян возможен лишь на скоростях аппарата, меньших 0.4 м/с. Захват семян при давлении в 1.5 кПа возможен только на небольших окружных скоростях аппарата. Однако рассмотренные графики не дают полной информации о процессе, показывая лишь, произойдет или не произойдет отбор семян. Остаются неопределенными граничные или критические окружные скорости высевающего аппарата, которые можно получить в результате анализа конечных перемещений семени и присоски. Используя выражение (14) и определив из графика скоростей конечное время, при котором скорость перемещения семени достигает окружной скорости аппарата (рис.3), производим расчеты необходимые для построения графиков конечных перемещений. При расчетах и построении графиков принималось во внимание, что процесс отбора семян подчиняется требованию:

$$S_h > S_a - \Delta S \quad (27)$$

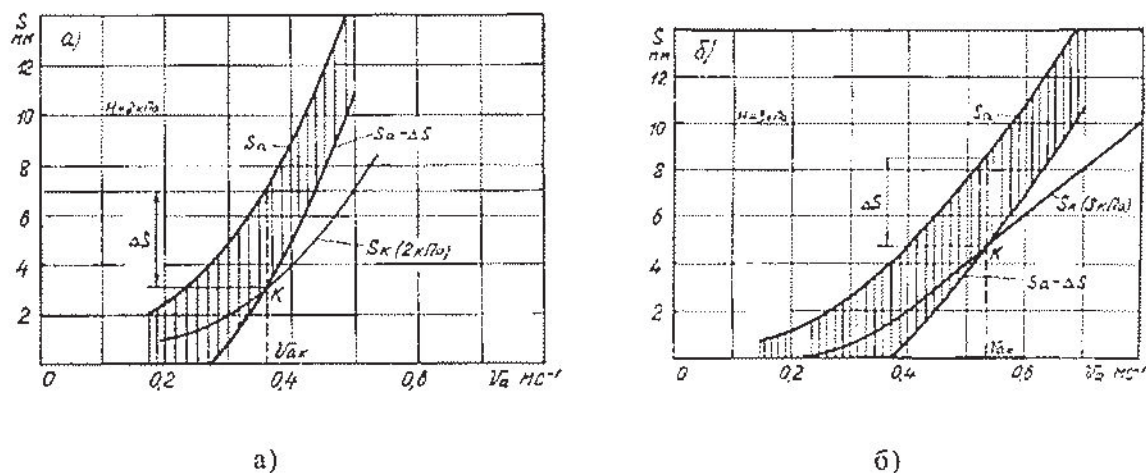


Рис. 5. Конечные перемещения семени и присоски аппарата

а) - при давлении воздуха - $H = 2$ кПа; б) - при давлении воздуха - $H = 3$ кПа.

При достижении равенства этого выражения определяется критическая скорость высевающего аппарата. Из графиков видно, что при давлении воздуха 2 кПа (рис.5а), критическая скорость аппарата, соответствующая точке К, находится в интервале 0.3...0.4 м/с. Это означает, что при окружной скорости, превышающей отмеченную на оси абсцисс скорость $V_a(K)$, отбор семян производиться не будет. Для давления воздуха 3 кПа (рис.5б) критическая скорость на оси смещена вправо и находится уже в интервале 0.5...0.6 м/с. При повышении давления критическая скорость аппарата возрастает, причем ее можно прогнозировать с достаточной

точностью аналитическими методами. В самом деле, известно, например, что разрежение в вакуумных камерах высевальных аппаратов сеялок СУПН-8 и СКПП-12 не превышает 3.6 кПа, что не намного отличается от расчетных. Следует при этом отметить, что давление, превышающее 3.0 кПа, в определенных условиях может оказываться излишним.

Это часто наблюдается в виде присасывания к одной присоске нескольких семян, что крайне нежелательно.

Прогнозированием точного давления воздуха с последующим тщательным его регулированием на требуемую величину можно свести присасывание по 2 и больше семян к минимуму. Полученные закономерности движения семян в фазе отбора позволяют находить наиболее благоприятные режимные параметры рабочего процесса высевального аппарата.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель однозернового дозирования семян пневматическими высевальными аппаратами с наружной поверхностью дозирования и закономерности перемещения семян и захватывающих отверстий.

2. Определены режимные параметры рабочего процесса высевального аппарата с наружной поверхностью дозирования.

3. Установлены пределы конечных перемещений семян и присосок аппарата при различных давлениях и их критические скорости движения.

Data prezentării articolului - 15.11.2006

CZU 631.357.75

CONSIDERATIONS ON DESIGNING A FACE-MILLING CUTTER FOR OPEN PLANE SURFACES PROCESSING

GH. CREȚU, GH. NAGĂȚ, B. RUSU
Technical University „Gh. Asachi”, Iasi

Rezumat. Freza este realizată cu elemente așchietoare sub forma unor dinți demontabili, pe care sunt brazate plăcuțe așchietoare. Geometria frezei permite prelucrarea în condiții optime a materialelor cu duritate mică și mijlocie. Așcuțirea și reaşcuțirea părților așchietoare ale dinților se realizează după principiul așcuțirii continue.

Key words: Continuous sharpening, Dismountable teeth, Face-milling cutter.

INTRODUCTION

The present work discusses the building of a face-milling cutter with dismountable teeth, and the continuous sharpening, intended to open plane surfaces processing.

Open plane surfaces processing is an operation often met in mechanical engineering. To work out these surfaces, the most used proceeding is cutting with milling heads.

These tools are built with fastening cones directly on the milling machine, or are provided with special diameter of bore. In the second case, the milling head fastening is made by special, standardized milling-machine arborees.

At present, there exists a various range of milling heads, depending on the fastening system of removing tips on the tool frame.