

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ОРИЕНТИРУЮЩЕ-ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЧАТКОВ СОРТОВОЙ И ГИБРИДНОЙ КУКУРУЗЫ

**Бахарев Дмитрий Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика и конструирование машин»

**Вольвак Сергей Федорович**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Электрооборудование и электротехнологии в АПК»

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

308503, Белгородская обл., Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1, тел.: +7 4722 39-12-33, e-mail: baharevdn\_82@mail.ru.

**Ключевые слова:** початки кукурузы, ориентирующе-дозировочное загрузочное устройство, захват, перемещение, степень свободы, вероятность, ориентирование, моделирование.

В работе проведены теоретические исследования процесса перевода початков кукурузы из любого произвольного в строго определенное положение при их подаче ориентирующе-дозировочным загрузочным устройством (ОДЗУ) к рабочим органам аксиально-роторной молотилки. Початки кукурузы, загружаемые в бункер-накопитель ОДЗУ, образуют хаотичную насыпь, из которой их необходимо поштучно забирать, ориентировать в пространстве параллельно оси ротора молотилки и в данном положении подавать в молотильную камеру. Это позволяет повысить эффективность обмолота початков сортовой и гибридной кукурузы. Предложены логические критерии оценки конструктивных особенностей существующих устройств, способных ориентировать початки кукурузы в пространстве. По данным критериям проведен соответствующий анализ, построена эффективная граница Парето и выбран элеваторный тип устройства как наиболее перспективный. Предложена конструкция нового ОДЗУ. Разработана блок-схема, характеризующая принцип работы ОДЗУ, включающая как последовательность выполняемых операций, так и факторы, влияющие на качество их выполнения. Предложено вероятность ориентирования початка в пространстве определять как произведение вероятностей: предварительного ориентирования в бункере, первичного ориентирования длинной стороной вдоль базисной плоскости лопатки и вторичного ориентирования посредством опорной плоскости сбрасывающей пластины. Рассмотрены условия предварительного ориентирования початков в накопительном бункере. Сделано предположение о необходимости приложения силового воздействия со стороны захватывающей лопатки в области, расположенной между опорными точками его длинной стороны. Доказано, что величина реакций в опорных точках пропорциональна расстоянию от сосредоточенной силы до опор. Выявлено, что вероятность ориентирования початка в накопительном бункере необходимой стороной относительно захватывающей лопатки является частным от деления телесного угла конуса горловины бункера на больший телесный угол початка.

### Введение

Исследования проводились в соответствии с Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017 – 2025 годы (Постановление правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996) и направлены на результативность реализации программы по показателю увеличения числа технологий переработки и хранения початков сортовой и гибридной кукурузы.

В поточно-технологических линиях обмолота початков сортовой и гибридной кукурузы все операции технологического процесса должны осуществляться с минимальным количеством макро- и микроповреждений зерна, особенно в области зародыша. Под понятием макро- и микроповреждений понимают: нарушения целостности оболочки зерна и его зародыша, внутренние разрывы тела эндосперма,

деформацию зародыша, трещины, локальные сколы и т.д. Максимальное количество макро- и микроповреждений зерно получает непосредственно при обмолоте, поэтому данный процесс необходимо совершенствовать [1, 2]. Наиболее эффективно обмолот осуществляется в аксиально-роторных молотильных устройствах, поскольку в них рационально используется совместное действие сил удара и трения, вызывающих отделение зерна от стержня. Однако аксиально-роторные молотильные устройства еще далеки от совершенства, особенно по показателю макро- и микроповреждений. Связано это, в первую очередь, с хаотичным движением обмолачиваемой массы в молотильной камере. Данная хаотичность обусловлена отсутствием эффективной системы подачи початков на обмолот. В большинстве случаев початки беспорядочной насыпью подают в молотильную камеру, в результате чего силовой баланс между ударом и трением становится слабо управляемым. Данная проблема решается путем применения ОДЗУ, подающего початки кукурузы их длинной стороной параллельно оси ротора.

#### Объекты и методы исследований

Объектом исследования является процесс изменения хаотичного положения початков кукурузы в строго определенное положение при их подаче к рабочим органам аксиально-роторного молотильного устройства. В исследовании были использованы методы общей теории систем, метод построения эффективной границы Парето, основные положения физико-математического моделирования и теории вероятностей.

#### Результаты исследований

Любое тело в пространстве (в том числе и початок кукурузы) обладает шестью степенями свободы. Ориентирование початка кукурузы в пространстве в строго определённое положение требует лишения его как минимум четырёх степеней свободы ( $i = 4$ ). Нами проведен анализ существующих устройств, способных ориентировать початки кукурузы в пространстве. Для оценки конструктивных особенностей таких устройств предложены два логических критерия, первым из которых является коэффициент лишения степеней свободы  $\Delta_{лс}$  початка:

$$\Delta_{лс} = \sum_{i=1}^4 \frac{\theta_i}{100}, \quad (1)$$

где  $\theta_i$  –  $i$ -я степень свободы.

Если принять, что на лишение одной из четырех требуемых лишения степеней свободы отводится 25 % эффективности работы устройства

( $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_3 = \vartheta_4 = 25\%$ ), то количество лишаемых степеней свободы можно выразить в процентах.

Вторым критерием является выраженная в процентах функциональность ориентирующего устройства  $\Delta_{\phi}$ . Эффективные ориентирующие устройства должны выполнять четыре необходимые функции ( $n = 4$ ): 1) накопление массы хаотично уложенных початков в приемном бункере; 2) поштучный захват початков рабочим органом из общей массы в приемном бункере; 3) ориентирование початков в пространстве; 4) создание запаса сориентированных початков. По аналогии с первым логическим критерием считаем, что выполнение каждой из четырех функций равнозначно и составляет 25 % функциональности, откуда:

$$\Delta_{\phi} = \sum_{i=1}^4 \frac{n_i}{100}. \quad (2)$$

Размерная сопоставимость критериев позволяет для анализа существующих устройств, способных ориентировать початки кукурузы в пространстве, применить метод построения эффективной границы Парето [3] (рис. 1), данные для которого приведены в таблице 1. Кодировку типов анализируемых устройств  $\Pi_1 \dots \Pi_{10}$  проводим согласно принятой методике анализа.

Рисунок 1 отражает суть принятого для анализа метода Парето. По принятым логическим критериям оценки устройства  $\Pi_4, \Pi_7, \Pi_9$  и  $\Pi_{10}$  доминируют над остальными. Линия  $\Pi_7 \Pi_{10} \Pi_4$  – эффективная граница Парето, ниже которой располагаются низкоэффективные устройства. Заштрихованная область  $\Pi_3 \Pi_7 \Pi_{10} \Pi_4$  – рациональная область поиска по принятым критериям оценки. Устройства  $\Pi_7, \Pi_9$  доминируют над  $\Pi_4$  по показателю  $\Delta_{\phi}$ . В свою очередь,  $\Pi_4$  доминирует над  $\Pi_7$  и  $\Pi_9$  по показателю  $\Delta_{лс}$ . Для определения лучшего варианта из  $\Pi_4, \Pi_7, \Pi_9$  необходим дополнительный многокритериальный анализ, которого можно избежать, поскольку существует вариант  $\Pi_{10}$ , характеризующийся доминированием над всеми анализируемыми вариантами по двум критериям одновременно. Следовательно, элеваторное ОДЗУ можно принять в качестве прототипа.

Придание посредством элеваторного ОДЗУ строго определенного положения початка относительно рабочих органов обмолачивающих машин требует лишения его четырех степеней свободы путем базирования на рабочем органе в двух разных плоскостях одновременно. Данные плоскости необходимо установить так, чтобы сила тяжести початка стремилась придать

Таблица 1

## Анализ конструкций устройств, способных ориентировать початки кукурузы в пространстве

Тип и схематическое изображение конструкции		Разработчики и исследователи	Принцип действия	$\Delta_{лс}$	$\Delta_{\phi}$	Код
Щелевое ОДЗУ		В.Н. Крыжко, Ю.В. Мусиенко, И.И. Марьян, И.А. Петунина	Используется щель, образованная валом и неподвижной плоскостью	0,50	0,50	$P_1$
Ориентирующая наклонная плоскость		В.Н. Мозжухин, Л.М. Ижболдин, В.А. Бойко, И.М. Смоловик,	Конусообразные предметы скатываются вниз и в сторону по дуге	0,25	0,50	$P_2$
ОДЗУ с гибкими упругими элементами		П.А. Емельянов	Состоит из корпуса, на котором закреплены два упора, смещенные относительно друг друга по высоте	0,75	0,75	$P_3$
ОДЗУ с упорами		В.А. Семенов, В.Г. Устинов, В.С. Блинов	Упоры устанавливаются на одном уровне таким образом, чтобы хвостовая часть задерживалась одним из упоров	1,00	0,75	$P_4$
ОДЗУ с шарнирно закрепленной вилкой		Б.А. Якшов,	На склоне колеблющегося наклонного лотка шарнирно закреплена ориентирующая вилка	0,25	0,50	$P_5$
Ориентирующий качающийся полцилиндр		А.В. Сазонов,	Початки ориентируются за счет смещения центра тяжести в сторону хвостовой части	0,25	0,50	$P_6$
Клиноремненное ОДЗУ		Л.В. Погорельый, В.П. Давыдюк	Початки ориентируются хвостовой частью вперед за счет разности линейных скоростей лент	0,75	1,00	$P_7$
ОДЗУ фрикционного типа		Ж.В. Олевич, Г.Г. Левитов	Используется свойство конуса смещаться в сторону вершины при раскручивании и придании точкам конуса одинаковой скорости	0,50	1,00	$P_8$
Ориентирующая люлечная нория		Н.А. Усанов, И.А. Петунина	Початки ориентируются за счет смещения центра тяжести початка относительно скребка	0,75	1,00	$P_9$
Элеваторное ОДЗУ		В.П. Бобров, Н.А. Усенко	Початки ориентируются за счет наклона пластин	1,00	1,00	$P_{10}$

ему единственно возможное устойчивое положение. Рабочий процесс ОДЗУ состоит из нескольких этапов:

- 1) отделение единичного початка из хаотичной насыпи в бункере;
- 2) придание початку определенного устойчивого положения;
- 3) переход от первичного устойчивого положения к требуемому;
- 4) перемещение сориентированного в пространстве початка в следующую машину поточно-технологической линии - подача на обмолот.

Следует отметить, что первичное ориентирование початков целесообразно начинать ещё при их загрузке в бункер, стенки которого необходимо выполнить такой формы и кривизны, чтобы в зоне захвата початков рабочим органом ОДЗУ хаотичность укладки была минимальной, а образование сводов исключено. Следовательно, любое ОДЗУ для початков кукурузы должно состоять как минимум из накопительного бункера, обеспечивающего предварительное ориентирование рабочего органа, осуществляющего первичное и вторичное ориентирование, и устройства, подающего сориентированные початки на обмолот. На основании вышесказанного нами была разработана конструкция нового ОДЗУ (рис. 2), устройство и принцип действия которого подробно описан в [4, 5].

Профессор К.В. Алферов утверждает, что при размере куска более 160 мм материал следует считать крупнокусковым [6]. Поскольку средняя длина початка кукурузы находится в пределах 160...250 мм [4], то насыпь початков условно можно считать крупнокусковой.

Насыпь, состоящая из початков кукурузы, имеет предельное значение напряжения сдвига отдельных початков, превышение которого приводит к взаимному движению слоев [7]. Следовательно, насыпь, состоящая из початков кукурузы, является крупнокусковой сыпучей средой.

Захват и отделение единичного початка из насыпи – это процесс разрушения данной сыпучей среды, которую целесообразно изучать как целостную систему. Для адекватного описания механики процессов, связанных с крупнокусковой сыпучей средой, необходимо определить, обладает ли такая среда принципом целостности как система. Согласно теории систем объекты системы состоят из элементов, связей и отношений между ними [3]. Любая система обладает свойством целостности, которое обеспечивается необходимым количеством элементов

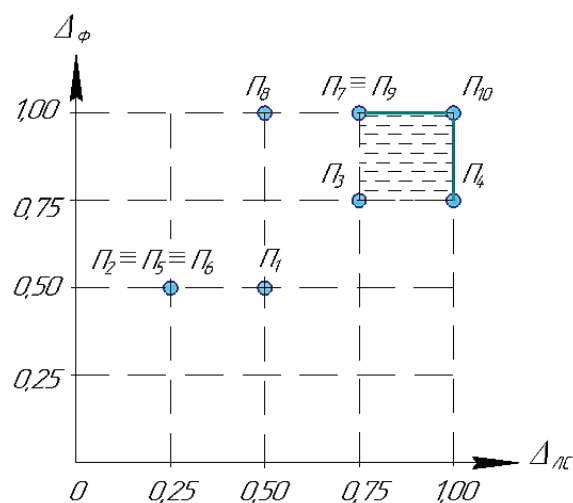
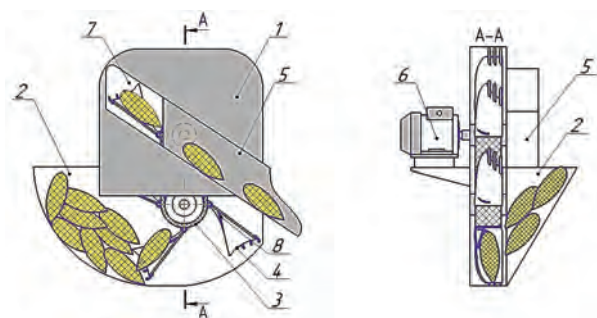


Рис. 1 – К методу построения эффективной границы Парето



1 – корпус; 2 – накопительный бункер; 3 – приводной тяговый орган; 4 – криволинейные лопатки с пальцами; 5 – лоток, подающий сориентированные початки на обмолот; 6 – двигатель; 7 – выгрузное окно; 8 – сбрасывающая пластина

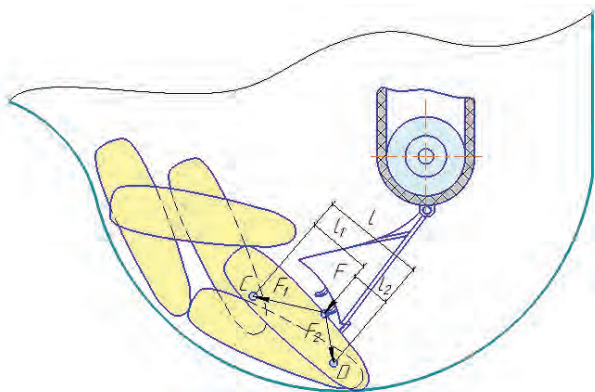
Рис. 2 – Ориентирующе-дозировочное загрузочное устройство

и упорядоченностью связей между ними. Насыпь початков кукурузы (крупнокусковая сыпучая среда) может быть представлена функцией:

$$W = TAGLO, \quad (3)$$

где  $W$  – обозначение крупнокусковой сыпучей среды;  $T$  – твёрдая составляющая крупнокусковой сыпучей среды (початки);  $L$  – знак логической операции союза;  $G$  – газообразная составляющая крупнокусковой сыпучей среды (поры между початками);  $O$  – отношения составляющих среды (початков и пор между ними).

Следовательно, крупнокусковую сыпучую среду, состоящую из початков кукурузы можно, рассматривать как систему. При решении задач, связанных с движением крупнокусковой сыпучей среды, состоящей из початков кукурузы, элементы (початки) должны рассматриваться как подсистема в системе данной среды. Из это-



**Рис. 3 – К определению вероятности распределения нагрузки по опорам початка, находящегося в насыпи**

го следует, что отделение единичного початка из хаотичной насыпи в бункере необходимо моделировать в два этапа: движение початка как подсистемы внутри насыпи и отрыв единичного початка от сыпучей среды.

При внедрении захватывающей лопатки в насыпь початков происходит их локальное уплотнение укладки в зоне захвата (формирование уплотненного ядра). Уплотненное ядро, перемещаясь лопаткой в теле крупнокусковой среды, приводит к смещению смежных початков и препятствует предварительному ориентированию. Уплотненное ядро, выходя из тела насыпи, разрушается, а лопатка отрывает единичный початок.

Теория ориентирования початков кукурузы в пространстве должна базироваться на вероятностных моделях. Ранее было сказано, для придания початкам кукурузы строго определенного положения в пространстве необходимо осуществить их предварительное ориентирование в бункере (событие  $A_1$ ), первичное ориентирование длинной стороной вдоль базисной плоскости лопатки (событие  $A_2$ ) и вторичное ориентирование посредством опорной плоскости сбрасывающей пластины (событие  $A_3$ ). Каждое событие обладает вероятностным характером и обозначается  $p(A_1)$ ;  $p(A_2)$  и  $p(A_3)$ , соответственно. Тогда вероятность ориентирования початка в пространстве

$$p(A) = p(A_1) \cdot p(A_2) \cdot p(A_3). \quad (5)$$

Определение таких условий работы ОДЗУ, при которых вероятность появления всех трех событий будет максимально возможной, является предметом дальнейших теоретических исследований. Рассмотрим условия, повышающие вероятность появления первого события (события  $A_1$ ). Початки кукурузы представим в виде стохастически сложенных двухопорных стержней,

форма которых представляет собой усеченные конусы со скругленными хвостовиками (рис. 3).

Если на данные стержни (початки) со стороны захватывающей лопатки действует сосредоточенная сила  $F$ , вероятность приложения которой равна 1, то, задавшись средним значением расстояния между опорами  $l = l_1 + l_2$ , можно определить вероятность распределения нагрузки по опорам. При этом все точки початка на длине  $l$  обладают равными возможностями в отношении приложения нагрузки.

В данном случае плотность распределения вероятности [8, 9, 10]:

$$f_{(x)} = 1/l. \quad (6)$$

Поскольку в подавляющем большинстве случаев сосредоточенная сила  $F$  будет приложена на расстоянии от центра симметрии початка (сила распределена по опорам неравномерно), то вероятность распределения нагрузки в опорах [8]:

$$q_C = \int_{l_1}^l f_{(x)} dx = \int_{l_1}^l \frac{1}{l} dx = 1 - \frac{l_1}{l}. \quad (7)$$

Если два события составляют полное множество событий, то сумма их вероятностей равна 1:

$$q_C + q_D = 1, \quad (8)$$

$$q_D = l_1/l, \quad (9)$$

где  $q_C$  – вероятность распределения нагрузки на опору  $C$ ;  $q_D$  – вероятность распределения нагрузки на опору  $D$ .

Тогда математическое ожидание реакции опоры  $C$  и опоры  $D$  составит:

$$F_C = 1 - \frac{l_1}{l} \cdot F; \quad F_D = \frac{l_1}{l} \cdot F. \quad (10)$$

На основании результатов исследований, приведенных в [9], известно, что для выдерживания единичного зерна из початка достаточно приложить усилие 16...24 Н. Поскольку отделение зерна в процессе ориентирования початка в пространстве должно быть исключено, то сила  $F$  не должна достигать этих величин. Ее рациональное значение из условия двойного запаса прочности должно находиться в интервале 8...12 Н. Данная задача решается путем применения пружинных пальцев на захватывающих лопатках и конструкцией бункера, обеспечивающей наличие слоя початков в зоне захвата высотой не более 5 штук. При средней массе початка 0,2 кг и высоте слоя 5 початков пружинный палец будет испытывать сопротивление 10 Н (середина рационального диапазона).

Для достижения максимально возмож-

ной вероятности появления события  $A_1$  початки в зоне захвата должны располагаться своей длинной стороной по отношению к лопаткам так, чтобы пальцы лопатки находились между опорами  $C$  и  $D$ . В противном случае початок под действием лопатки будет только проворачиваться относительно своего центра симметрии и не будет заходить на лопатку. Следовательно, предварительное ориентирование в накопительном бункере – это исключение возможности попадания початков носком или комлем на рабочую кромку лопатки (рис. 4).

Выразим математически закономерность получения события  $A_1$  при скатывании початка по поверхностям накопительного бункера к рабочей зоне лопатки. Способность початка кукурузы перекаатываться по поверхности характеризуется его телесными углами. Событие  $A_1$  можно считать свершившимся не зависимо от того, носком или комлем вперед ОДЗУ будет ориентировать початок (два положения початка удовлетворяют требованиям). Следовательно, вероятность появления события  $A_1$  можно найти из отношения телесного угла конуса горловины бункера  $\Theta_{ГБ}$  к большему телесному углу початка кукурузы  $\Theta_{ПБ}$  (рис. 5) в виде:

$$P(A_1) = \frac{\Theta_{ГБ}}{\Theta_{ПБ}} \quad (11)$$

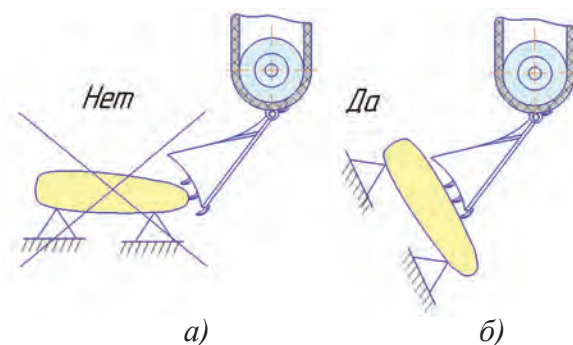
Как видно из рисунка 5, рассматриваемые телесные углы образованы прямыми круговыми конусами. Телесный угол,  $\Theta$ , при вершине прямого кругового конуса [11]:

$$\Theta = \frac{S_0}{R^2} \quad (12)$$

где  $S_0$  – площадь поверхности, вырезанной конусом на сфере,  $\text{м}^2$ ;  $R$  – радиус сферы с центром при вершине конуса,  $\text{м}$ .

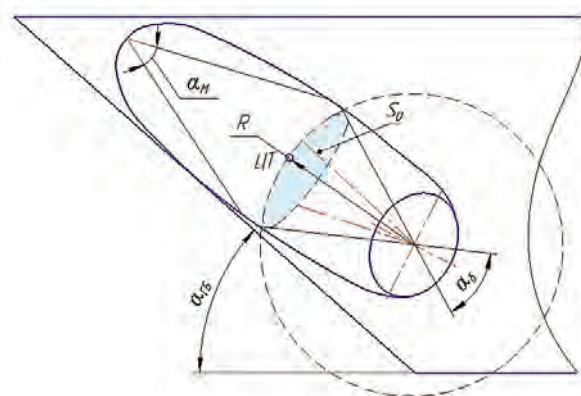
Анализ размерных характеристик початков кукурузы показал, что их больший телесный угол  $\Theta_{ПБ}$  составляет 0,22...0,34 ср. Данный телесный угол образован конусом с углом при вершине  $\alpha_6 = 30...38^\circ$  и сферой, радиус  $R$  которой равен расстоянию от комля до центра тяжести початка. Кроме того, из [12, 13, 14, 15] известно, что максимальный угол естественного откоса початков кукурузы  $\varphi_{EO}$  составляет  $31,1^\circ$ . Тогда при обеспечении условия стабильного перекаатывания вероятность появления события  $A_1$  будет стремиться к единице при условии наклона стенок горловины бункера под углом  $\alpha_{ГБ} = 32...38^\circ$ .

Из вышеизложенного следует, что для реализации события  $A_1$ , обеспечения эффективно-



а – неблагоприятное для захвата положение; б – положение, способствующее захвату

Рис. 4 – Варианты предварительного ориентирования початков в накопительном бункере



ЦТ – центр тяжести початка;  $\alpha_6, \alpha_m$  – угол при вершине конуса початка, образующий больший и меньший телесные углы, соответственно;  $\alpha_{ГБ}$  – угол при вершине конуса горловины бункера

Рис. 5 – Расположение початка в горловине бункера накопителя

го предварительного ориентирования початков кукурузы в накопительном бункере необходимо обеспечить условие равенства телесных углов, образованных конусом горловины бункера и початка кукурузы.

#### Выводы

1. Из множества ОДЗУ для початков кукурузы наиболее перспективной для дальнейшего совершенствования является конструкция элеваторного типа.

2. Ориентирование початков кукурузы в пространстве возможно при лишении их четырех степеней свободы путем базирования на рабочем органе в двух разных плоскостях одновременно. Процесс придания початкам кукурузы определенного положения в пространстве состоит из трех этапов: предварительное ориентирование

в бункере, первичное ориентирование длинной стороной вдоль базисной плоскости лопатки и вторичное ориентирование посредством опорной плоскости сбрасывающей пластины.

3. Предварительное ориентирование в бункере математически выражается как отношение телесного угла конуса горловины бункера к большому телесному углу початка кукурузы. При обеспечении условия стабильного перекачивания, вероятность предварительного ориентирования початка будет стремиться к единице при условии наклона стенок горловины бункера под углом  $\alpha_{\text{ГБ}} = 32...38^\circ$ , при этом будет достигаться равенство указанных телесных углов.

### Библиографический список

1. Алдошин, Н.В. Анализ повреждения зерна на уборке белого люпина / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов // Глобализация и развитие агропромышленного комплекса России: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию ФГБОУ ВПО СПБГАУ. – СПб: Изд-во СПБГАУ, 2014. – С. 132–136.
2. Бахарев, Д.Н. Бионические основы разработки и конструирования эффективных шипов молотильно-сепарирующих устройств для кукурузы / Д.Н. Бахарев, С.Ф. Вольвак // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 3(15). – С. 3–13.
3. Маторин, С.И. Теория систем и системный анализ / С.И. Маторин, О.А. Зимовец. – Белгород: Изд-во НИУ «БелГУ», 2012. – 288 с.
4. Бахарев, Д.Н. Обоснование конструкции рабочих органов ориентирующе-дозировочного устройства для початков кукурузы / Д.Н. Бахарев, С.Ф. Вольвак // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – № 1 (17). – С. 3–16.
5. Патент на полезную модель 180093, U1 RU. МПК А01F 11/06 (2006.01). Ориентирующе-дозировочное устройство для початков кукурузы / Д.Н. Бахарев, С.Ф. Вольвак; патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – № 2018104350; заявл. 05.02.2018; опубл. 04.06.2018, Бюл. № 16. – 7 с.
6. Алферов, К.В. Бункерные установки / К.В. Алферов, Р.Л. Зенков. – М.: Машгиз, 1955. – 308 с.
7. Кандауров, И.И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве / И.И. Кандауров. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 280 с.
8. Теория вероятностей и математическая статистика для технических университетов / О.Л. Крицкий, А.А. Михальчук, А.Ю. Трифонов, М.Л. Шинкеев. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 212 с.
9. Губарь, Л. Н. Теория вероятностей и математическая статистика / Л.Н. Губарь, А.В. Ермоленко. – Сыктывкар: СГУ им. Питирима Сорокина, 2015. – 120 с.
10. Берд, Дж. Инженерная математика / Дж. Берд. – М.: Додека-XXI, 2008. – 544 с.
11. Бабичева, И.В. Справочник по математике (в формулах, таблицах, рисунках) / И.В. Бабичева, Т.Е. Болдовская. – Омск: СиБАДИ, 2010. – 148 с.
12. Бахарев, Д.Н. Угол естественного откоса початков кукурузы как объекта послеуборочной механической обработки / Д.Н. Бахарев, С.Ф. Вольвак // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. – п. Майский: Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – С. 12–16.
13. Петунина, И.А. Обмолот початков кукурузы: монография / И.А. Петунина. – Краснодар: Кубанский гос. аграрный ун-т, 2006. – 206 с.
14. Труфляк, Е.В. Изучение механического повреждения початка кукурузы при его отрыве в кукурузоуборочной жатке / Е.В. Труфляк, В.С. Кравченко // Научный журнал КубГАУ. – 2008. – № 38(4). – С. 1–11.
15. Петунина, И.А. Очистка и обмолот початков кукурузы / И.А. Петунина. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 525 с.

## MODELING THE WORK OF POSITIONING AND ORIENTING-DOSING DEVICE FOR MAIZE EARS OF VARIETY AND HYBRID MAIZE

**Bakharev D.N., Volvak S.F.**  
**FSBEI HE Belgorod SAU**

**308503, Belgorod region, Belgorod district, Maisky v., Vavilova st., 1;**  
**tel. +7 4722 39-12-33, e-mail: baharevdn\_82@mail.ru.**

*Keywords: maize ears, positioning and dosing loading device, capture, movement, degree of freedom, probability, positioning, modeling.*

The article presents theoretical studies on the process of transferring corn cobs from any to a strictly defined position when they are conveyed by an orienting-dosing loading device to the working bodies of an axial-rotary thresher. Maize ears, loaded into the storage hopper of orienting-dosing loading device, form a chaotic hill, so they need to be individually picked up, oriented in space parallel to the thresher rotor axis and conveyed to the threshing chamber in this position. This allows to increase threshing efficiency of cobs of variety and hybrid corn. Logical criteria for evaluating design features of existing devices capable of orienting corn cobs in space are proposed. According to these criteria, an appropriate analysis was carried out, an effective Pareto border was constructed, and elevator type device was chosen as the most promising. Design of a new orienting-dosing loading device is proposed. A flowchart describing the principle of operation of orienting-dosing loading device was developed, including both the sequence of operations performed and the factors affecting the quality of their performance. It is suggested to determine the probability of cob orientation in space as a product of probabilities: preliminary orientation in the bunker, primary orientation of the long side along the base blade and secondary orientation using the mounting surface of the resetting plate. The conditions of preliminary orientation of cobs in the storage bin are considered. An assumption is made about the necessity of applying a force action from the side of the grasping blade in the space located between the support points of its long side. It is proved that the magnitude of reactions at the support points is proportional to the distance from the concentrated force to the supports. It is revealed that the probability of orientation of the cob in the storage bin by the required side in relation to the grasping blade is the quotient from dividing the solid angle of the hopper neck cone to the larger solid angle of the cob.

### *Bibliography*

1. Aldoshin, N.V. Analysis of grain damage during the harvesting of white lupine / N.V. Aldoshin, A.A. Zolotov // Globalization and development of the agro-industrial complex of Russia: a collection of scientific papers based on the materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 110th anniversary of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education SPbSAU. - SPb: Publishing house of St. Petersburg SAU, 2014. - P. 132–136.
2. Bakharev, D.N. Bionic basis of development and design of effective thorns of threshing and separating devices for corn / D.N. Bakharev, S.F. Volvak // Innovations in the AIC: problems and prospects. - 2017. - № 3 (15). - P. 3–13.
3. Matorin, S.I. System Theory and System Analysis / S.I. Matorin, O.A. Zimovets. - Belgorod: Publishing House of the National Research University «Bel-SU», 2012. - 288 p.
4. Bakharev, D.N. Justification of the design of the working bodies of the orienting-dosing device for corn cobs / D.N. Bakharev, S.F. Volvak // Innovations in the AIC: problems and prospects. - 2018. - № 1 (17). - P. 3–16.
5. Patent for utility model 180093, U1 RU. IPC A01F 11/06 (2006.01). Orientation-dosing device for corn cobs / D.N. Bakharev, S.F. Volvak; patent holder FSBEI HE Belgorod SAU. - № 2018104350; appl 05.02.2018; publ. 04.06.2018, Bul. № 16. - 7 p.
6. Alferov, K.V. Bunker installations / K.V. Alferov, R.L. Zenkov. - M.: Mashgiz, 1955. - 308 p.
7. Kandaurov, I.I. Mechanics of granular media and its application in construction / I.I. Kandaurov. - L.: Stroyizdat, Leningr. Department, 1988. - 280 p.
8. Probability theory and mathematical statistics for technical universities / O.L. Kritsky, A.A. Mikhailchuk, A.Yu. Trifonov, M.L. Shinkeev. - Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2010. - 212 p.
9. Gubar, L. N. Probability theory and mathematical statistics / L.N. Gubar, A.V. Ermolenko. - Syktyvkar: SSU named after Pitirim Sorokin, 2015. - 120 p.
10. Berd, J. Engineering Mathematics / J. Berd. - M.: Dodek-XXI, 2008. - 544 p.
11. Babicheva, I.V. Reference book on mathematics (in formulas, tables, figures) / I.V. Babicheva, T.E. Boldovskaya. - Omsk: Siberian State Automobile and Road University, 2010. - 148 p.
12. Bakharev, D.N. Angle of repose of corn cobs as an object of post-harvest mechanical processing / D.N. Bakharev, S.F. Volvak // Actual problems of agroengineering in the XXI century. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 30th anniversary of the department of technical mechanics of machine design. – Maysky v.: Publishing House of Belgorod State Agrarian University, 2018. - P. 12–16.
13. Petunina, I.A. Threshing of corn cobs: monograph / I.A. Petunina. - Krasnodar: Kuban State Agricultural University, 2006. - 206 p.
14. Truflyak, E.V. Study of mechanical damage to the cob of corn when it is separated in the corn-harvesting header / E.V. Truflyak, V.S. Kravchenko // Scientific journal of KubSAU. - 2008. - № 38 (4). - P. 1–11.
15. Petunina, I.A. Cleaning and threshing of corn cobs / I.A. Petunina. - Krasnodar: KubSAU, 2007. - 525 p.