

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРНОГО ГРАФА ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ

**Н.В. Брагинец, д.т.н., профессор, Д.Н. Бахарев, к.т.н., доцент,
А.А. Романенко аспирант.**

(Луганский национальный аграрный университет)

При математическом моделировании процесса автоматического ориентирования початков кукурузы применен метод построения структурного графа. На основании данных полученных при анализе графа были определены основные недостатки опорной математической модели.

Проблема. Процесс автоматического ориентирования тел в пространстве с математической точки зрения является сложным и делится на несколько операций, так называемых «событий». На каждое событие оказывают влияние различные факторы, которые описываются отдельными математическими моделями. На современном этапе развития теории ориентирования возникает необходимость в создании единой математической модели объединяющей все операции. Это позволит разрабатывать более эффективные ориентирующие устройства.

Цель исследования. Методом построения структурного графа систематизировать результаты анализа теоретических основ ориентирования тел в пространстве, форма и размер которых подобна початку кукурузы. Выявить пути дальнейшего совершенствования математических моделей наиболее адекватно описывающих процесс ориентирования.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованием автоматической ориентированной подачи тел различной формы и размера занимались многие ученые и исследователи: Камышный Н.И., Усенко Н.А., Бляхеров И.С. и др., но наибольший научный вклад сделали: Е.В. Знаев и М.В. Медвидь. Разработанные вышеприведенными учеными математические модели требуют научной доработки так, как содержат большое количество допущений, зачастую слабо обоснованных.

Результаты исследований.

В работе [1, с.23] нами доказано, что наиболее эффективным ориентирующим устройством для початков кукурузы является элеваторное устройство, схема которого приведена на рис. 1

Для разработки теоретических предпосылок по совершенствованию данного ориентирующего устройства необходимо провести детальный анализ существующих математических моделей, определить опорную модель и пути ее совершенствования. Так как автоматическое ориентирование тел в пространстве это процесс в ходе которого твердое тело лишают четырех

степеней свободы, то определенные плоскости, или точки заменяющие их, ориентируемых тел должны в итоге оказаться в интересующем нас положении.

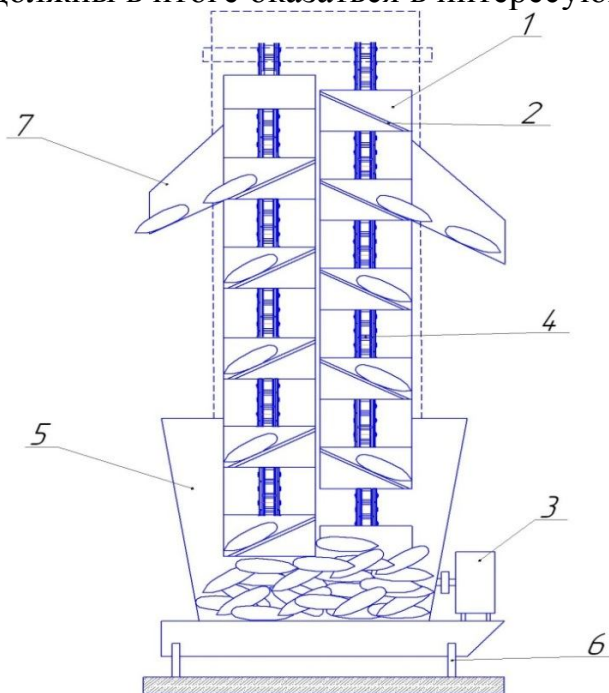


Рис. 1. Элеваторное ориентирующее устройство

1- основная ориентирующая поверхность; 2- вспомогательная ориентирующая поверхность; 3- мотор-редуктор; 4- приводная цепь; 5- загрузочный бункер; 6- опорные колеса; 7- выгрузной лоток.

Сделав допущение, что початок в поперечном сечении круглый становится очевидным, что некоторые из его положений ничем не отличаются друг от друга, такие положения называются неразличимыми. Различимые положения початка характеризуются разными значениями вероятностей этих положений, одинаковыми вероятностями характеризуются только неразличимые положения. Среди множества положений наиболее важно, то положение вероятность появления которого наибольшая, оно называется «преобладающим». Параметрами определяющими положение початка на ориентирующей поверхности являются:

- высота h , измеряемая как расстояние, от основной ориентирующей поверхности до наиболее удаленной от нее точки початка;
- длина L , измеряемая как расстояние, от упорной поверхности до наиболее удаленной от нее точки початка.

Переход от хаотичного положения к определенному, устойчивому, происходит в две фазы. В первой фазе початок попадая на основную ориентирующую поверхность лишается двух степеней свободы, а во второй фазе перемещаясь по основной ориентирующей поверхности, под действием силы тяжести или содействии других сил прикасается ко второй ориентирующей поверхности тем самым лишаясь еще двух степеней свободы. Но початки находятся в бункере первичного ориентирования не в разрозненном виде, а в скученном состоянии, следовательно початки будут мешать друг

другу занять определенное устойчивое положение. Этот процесс математически описан в [2, с. 68]:

$$P_i^1 = P_k^1 P_i^2 P_m^{2*}, \quad (1)$$

где: P_k^1 – вероятность первого события;

P_i^2 – вероятность второго события;

P_m^{2*} – вероятность отсутствия помех в осуществлении перехода;

P_i^1 – вероятность ориентации в i – е положение;

Также в вышеуказанном источнике приведено математическое выражение вероятности перехода от произвольного в первое устойчивое положение цилиндрического тела [2, с. 70].

$$P_1^1 = \frac{F_1}{4\pi} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d}{l}\right)^2}} \right), \quad (2)$$

P

где: P_1^1 – вероятность того что ориентируемое тело займет первое положение базисной плоскости;

$\frac{F_1}{4\pi}$ – телесный угол конуса базисной плоскости, град;

d – диаметр тела, мм;

l – длина тела, мм;

Но данное выражение не точно описывает условие, при котором початок кукурузы займет первое устойчивое положение, так как початок кукурузы не цилиндрическое, а коническое тело, то следовательно и телесный угол конуса базисной плоскости будет иметь другое значение. Вышеприведенные модели были разработаны для условий небольшого количества цилиндрических тел на ориентирующих поверхностях в момент захвата или перехода в устойчивое положение.

В расчетах также учитывается сила давления верхних слоев на нижнее тело ориентирования, так как в этом случае на тело ориентирования будет влиять не только коэффициент трения тела об ориентирующую поверхность, но и коэффициент трения одного тела ориентирования о другое. Исходя из этого, получим следующее выражение [2, с. 91]:

$$P_i^2 = \frac{1}{2\pi} \left(\delta_i - 2 \sin^{-1} \frac{nf + (n-1)f^*}{\tan \alpha} \right), \quad (3)$$

где: P_i^2 – вероятность второго события;

δ_i – центральный угол, соответствующий i – му положению ориентируемого тела;

n – количество слоев ориентируемых тел;

f – коэффициент трения ориентируемого тела по ориентирующей поверхности;

f' – коэффициент трения одного ориентируемого тела о другое;

α – угол наклона ориентирующей поверхности.

Проанализировав вышеприведенное выражение можно утверждать, что с увеличением количества слоев подвижность нижнего слоя на ориентирующей поверхности резко уменьшается. В нашем случае основным недостатком модели (3) является тот факт, что она описывает вероятность второго события при движении ориентирующей поверхности в горизонтальной плоскости и для элеваторных ориентирующих устройств она слабо применима, так как реакция ориентирующей поверхности движущейся в вертикальной плоскости будет совершенно иной. Так как в нашем ориентирующем устройстве захватный орган является контрольно-исполнительным и транспортирует ориентируемые тела, то для извлечения и выдачи ориентируемого тела необходимо совмещение следующих событий:

- нахождение на пути захватного органа ориентируемого тела в положении благоприятном для захвата;
- отсутствие помех для его захвата и извлечения.

Зачастую помехи при захвате возникают из-за большой скорости захватного органа. Следовательно коэффициент заполнения выгрузного лотка можно выразить следующей формулой [2, с. 108]:

$$R = P_{12} P_V P_{\delta}, \quad (4)$$

где: P_{12} – вероятность нахождения ориентируемого тела на пути захватного органа в благоприятном положении;

P_V – вероятность того, что захвату не мешает высокая скорость захватного органа;

P_{δ} – вероятность отсутствия высокой сцепляемости ориентируемых тел.

В случае ориентирования початков кукурузы в модели (4) будет отсутствовать значение P_{δ} так как початки кукурузы не сцепляются.

Проводя исследования, физико механических свойств початков кукурузы, было замечено значительное сходство початков кукурузы с коническими телами ориентацией которых занимался Знаев Е.В. Процесс выборки конических тел из бункера носит вероятностный и непрерывно изменяющийся характер. Тип конструкции захватного органа во многом зависит от размеров ориентируемых тел. Для устойчивого положения конического тела на рабочем органе ориентирующего устройства необходимо, чтобы линия действия силы тяжести не выходила за пределы его опорной поверхности. В своей работе автор приводит следующее математическое описание вышеприведенного процесса (первое событие) [3, с. 62]:

$$, \quad (5)$$

где: f – коэффициент трения качения конического тела по опорной поверхности;

N – нормальная сила, действующая на коническое тело со стороны вороха в бункере, H ;

m – масса конического тела, кг;

c^2

g – ускорение свободного падения, м/с² ;

$\alpha_{\text{тр}}$ – угол наклона рабочего органа.

Но так как данное уравнение разработано для идеализированного случая, оно не совсем точно описывает ситуацию с початком кукурузы, в силу того что коэффициент трения качения будет определяться несколько иначе. Также в своей работе Знаев Е.В. математически описывает движение конического тела вокруг своей оси на наклонной плоскости под действием силы тяжести (второе событие) уравнение имеет следующий вид [3, с. 75]:

(6)

где: V_0 – точка координат начала движения;

t – время движения, с;

c^2

g – ускорение свободного падения, м/с² ;

α – угол наклона плоскости, град;

f – коэффициент трения качения конического тела по опорной поверхности;

X_M – точка оси вращения.

Данное выражение справедливо только для идеального конического тела. Для початка кукурузы выражение (6) не совсем справедливо, так как коэффициент трения качения будет определяться несколько иначе, также в силу того, что конусность початка менее выражена он больше будет стремиться к качению, а следовательно необходимо учитывать моменты инерции относительно продольной оси вращения.

На основании проведенного анализа нами сделан вывод, что математическая модель (3) наиболее приближенно описывает вероятность того, что ориентируемое тело окажется в устойчивом положении, но и эта модель имеет ряд недостатков при описании вероятности устойчивого положения, которое займет початок при ориентировании элеваторным ориентирующим устройством. Для того, чтобы учесть все факторы, которые влияют на процесс ориентирования початков кукурузы элеваторным ориентирующим устройством мы построим структурно-технологический граф процесса автоматического ориентирования початков кукурузы.

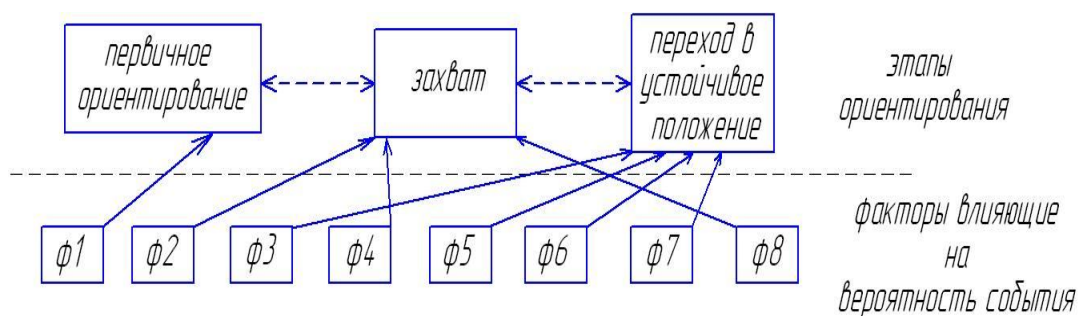


Рис. 2. Структурный граф процесса автоматического ориентирования початков кукурузы: ———— - отношение подчинения и подчиненности; - - - - - отношение взаимодействия; Ф1- форма бункера; Ф2- трение початка о початок; Ф3- трение початка по рабочей поверхности; Ф4- количество слоев початков; Ф5- моменты инерции початка; Ф6- наклон рабочего органа; Ф7- наклон вспомогательной ориентирующей поверхности; Ф8- размер рабочей зоны.

Из вышеприведенного графа следует, что максимальное количество факторов влияет на значение вероятности занятия початком устойчивого положения на рабочем органе. Исходя из этого, можно сделать предположение, что усовершенствование математической модели описывающей данный этап позволит создать наиболее эффективное ориентирующее устройство. На основании вышесказанного более детально рассмотрим факторы которыми необходимо дополнить опорную математическую модель для адекватного описания процесса автоматического ориентирования початков кукурузы.

Первый фактор:

Момент инерции, который создается в початке из-за несовпадения, осей центров тяжести пятна контакта и непосредственно початка:

(7)

где: $M_{ц.к.к.}$ – центр тяжести пятна контакта;

$M_{ц.п.}$ – центр тяжести початка;

M_r – расстояние между центрами тяжести початка и пятна контакта;

$M_{пл.}$ – площадь пятна контакта;

$M_{уд.}$ – распределение давления по площади пятна контакта.

Построив структурно-технологический граф, процесса автоматического ориентирования початков кукурузы, мы смогли выбрать опорную математическую модель. Проанализировав данные структурно-технологического графа, мы получили теоретические предпосылки к совершенствованию опорной математической модели.

Выводы.

1. Анализ показал, что обобщенное выражение, описывающее процесс ориентирования конических тел в пространстве еще пока не разработано.

2. На основании аналитических данных полученных при построении структурно-технологического графа была определена опорная математическая модель.

3. Основным недостатком существующей теории является тот факт, что не существует единой математической модели которая включала бы в себя все операции процесса автоматического ориентирования. Решение данного недостатка мы видим в создании выражения которое будет максимально полно описывать весь технологический процесс, с уточнениями которые будут сделаны непосредственно для початков кукурузы.

Список литературы

1. Брагинец Н.В. Аналитические исследования устройств, способных ориентировать початки кукурузы в пространстве / Брагинец Н.В., Буянов А.Д., Бахарев Д.Н., Коваленко А.В., Романенко А.А. // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. - Луганськ: ЛНАУ, 2012. - № 41.- С. 23-32.

2. М.В. Медвидь Автоматические ориентирующие загрузочные устройства и механизмы / М.В. Медвидь. – М.: Машгиз, 1963 – 300с.

3. Е.В. Знаев разработка устройств поштучной ориентированной подачи маточников сахарной свеклы к посадочному аппарату высадкопосадочной машины: дис... к.т.н.: 05.20.01/ Знаев Евгений Иванович. – Пенза, 2008. – 223с.

4. Камышный Н.И. Автоматизация загрузки станков./ Камышный Н.И. – М.: Машиностроение, 1977. – 288с. с ил.

5. Усенко Н.А. Автоматические загрузочно-ориентирующие устройства./Усенко Н.А., Бляхеров И.С. – М.: Машиностроение, 1984 – 112с. с ил.

6. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти томах. Т.1. Колебания линейных систем / Отв. ред. В. Н.Челомей, В. В. Болотина.– М.:Машиностроение,1978. - 352 с.

Аннотация

Застосування методу побудови структурного графа приматематичному моделюванні процесу автоматичного орієнтування качанів кукурудзи

Брагінець М.В., Бахарєв Д.Н., Романенко О.О.

При математичному моделюванні процесу автоматичного орієнтування качанів кукурудзи застосований метод побудови структурного графа. На підставі даних отриманих при аналізі графа були визначені основні недоліки опорної математичної моделі.

Abstract

Application of building structural graph in mathematical modeling of the process of automatic orientation of corn cobs

M. Brahinets, D. Bakharev, A. Tinyakov

The mathematical modeling of the automatic orientation of corn cobs, the method of construction of the structure of the graph. Based on the data obtained in the analysis of the graph identified major flaws support the mathematical model.