

**Рис. 5. Поверхность отклика от взаимодействия угла атаки и перемещения диска в горизонтальной плоскости**

$$P = 114,425 - 30,466v + 16,22\alpha + 5,21v^2 - 0,139v\alpha + 0,064\alpha^2, \quad (5)$$

Уравнение (5) в кодированных значениях факторов имеет следующий вид:

$$Z = 155,475 + 124,323x_1 + 28,913x_2 + 63,79x_1^2 - 6,086x_1x_2 + 9,966x_2^2, \quad (6)$$

Анализ уравнения (6) показал, что на сопротивление рабочего органа скорость оказывает большее влияние, чем угол атаки диска.

УДК 631.363, УДК 621.646.7

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОПАСТНОЙ МЕШАЛКИ

**Новиков Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Механизация и технология животноводства»

446442, Самарская область, Кинельский район, г. Кинель, ул. Первомайская, д. 1А, кв. 3. Тел. 89272023187

**Симченкова Светлана Павловна**, аспирант кафедры «Механизация и технология животноводства»

446442, Самарская область, Кинельский район, г. Кинель, ул. Украинская, 83, кв. 66. Тел. 8 9272023187

E-mail: [kondrachina-c@mail.ru](mailto:kondrachina-c@mail.ru)

**Курдюмов Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и энергетика» ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»

432063, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, 8(8422)55-95-96, E-mail: vik@ugsha.ru

Изучение графического представления поверхности отклика, характеризующей влияние скорости и угла атаки на тяговое сопротивление рабочего органа, показало, что сопротивление на малых углах атаки (до 10°) и скоростях до 6,5 км/ч практически не изменяется, а дальнейшее увеличение скорости до 10 км/ч ведет резкому увеличению тягового сопротивления.

Проанализировав зависимости тягового сопротивления рабочего органа от основных значимых факторов процесса междурядной обработки, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на тяговое сопротивление оказывает скорость движения агрегата.

### Библиографический список

1. Курдюмов В.И., Зайцев В.П., Софронов Е.В. Рабочий орган культиватора. Патент РФ на полезную модель № 82983. Оpubл. 20.05.2009г., Бюл. № 14.
2. Курдюмов В.И., Софронов Е.В. Рабочий орган культиватора. Патент РФ на изобретение № 2406283. Оpubл. 20.12.2010г., Бюл. № 35.
3. Курдюмов В.И. Разработка и исследование машин для механизации животноводства и их рабочих органов. Ульяновск. 2002. - 159 с.

**Ключевые слова:** *экструдер, смеситель-дозатор, лопасть, мешалка, компонент, смесь.*

*Перспективным направлением приготовления высокопитательных кормов является их экструдирование. Для снижения затрат мощности и себестоимости производства экструдированного корма разработано устройство подачи смеси в экструдер и обоснованы его конструктивные параметры.*

Прогрессивными технологическими процессами в комбикормовом производстве являются гранулирование, экструдирование, экспандирование комбикормов и их компонентов. Эти процессы обеспечивают хорошую сохранность кормов и повышенную продуктивность животных [1, 2].

Один из недостатков существующих пресс-экструдеров – неэффективная обработка плёнчатых культур, имеющих малую плотность. Поэтому для снижения энергоёмкости процесса требуется увеличить производительность зоны загрузки пресса [3, 4]. Следовательно, совершенствование узлов пресса-экструдера, позволяющее повысить производительность машины и за счёт этого снизить энергоёмкость экструдирования кормов, является актуальной и важной научно-технической задачей.

Рассмотрим схему лопастного смесителя (рис.1.).

Смеситель должен обеспечить смешивание компонентов смеси в потоке перед тем, как они попадут в пресс-экструдер. Время нахождения компонентов в зоне смешивания определяют, исходя из производительности экструдера и соответственно, дозатора, а также объёма, в котором происходит смешивание:

$$t_{см} = \frac{V_{см} \rho_{см}}{Q_3}, \quad (1)$$

где  $V_{см}$  – объём, в котором происходит смешивание,  $m^3$ ;  $\rho_{см}$  – плотность смеси,  $kg/m^3$ ;  $Q_3$  – производительность экструдера,  $kg/c$

Объём, в котором происходит смешивание, будет равен объёму, который захватывает лопастная мешалка, за вычетом объёма, занимаемого валом и самой мешалкой. С допущениями

можно принять, что данный объём представляет собой усечённый конус с углом при вершине, равным  $(180 - 2b)$  и высотой  $H_{см}$  (рисунок 1). Для упрощения разделим данный объём на два: усечённого конуса и цилиндра (сечение  $ABCD$ ). Тогда объём, в котором происходит смешивание,

$$V_{см} = V_{к} + V_{ABCD} - V_{лм} - V_{с^{см}}, \quad (2)$$

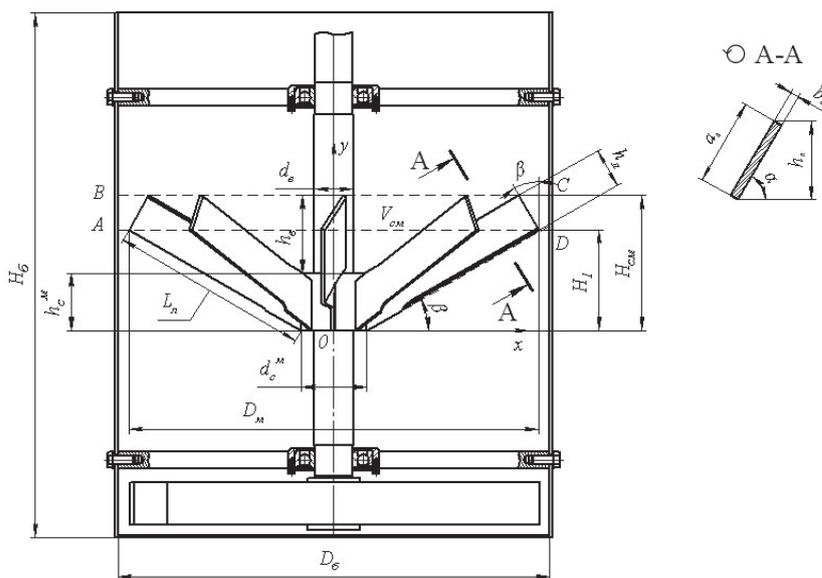
где  $V_{к}$  – объём усечённого конуса,  $m^3$ ;  $V_{ABCD}$  – объём цилиндра,  $m^3$ ;  $V_{лм}$  – объём лопастной мешалки,  $m^3$ ;  $V_{с^{см}}$  – объём части вала, которая расположена в зоне смешивания,  $m^3$ .

Объём усечённого конуса  $V_{к}$  определим как объём тела вращения, образованного прямой (нижней образующей лопасти мешалки), вращающейся вокруг оси  $ou$ . Уравнение прямой:

$$y = kx - b, \quad (3)$$

где  $k = tgb$  – угловой коэффициент прямой,  $b$  – угол наклона лопастей мешалки, град.;  $k = r_c^m tgb$  – постоянная,  $r_c^m$  – радиус ступицы мешалки,  $m$ .

С учётом того, что прямая вращается



**Рис. 1. Расчётная схема лопастного смесителя**

вокруг оси  $ou$ , представим её уравнение в следующем виде:

$$x = \frac{y + r_c^m \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta} \quad (4)$$

Тогда объём усечённого конуса

$$\begin{aligned} V_k &= \pi \int_0^{H_1} \left( \frac{y + r_c^m \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta} \right)^2 dy = \frac{\pi}{\operatorname{tg}^2 \beta} \int_0^{H_1} (y + r_c^m \operatorname{tg} \beta)^2 dy = \\ &= \frac{\pi}{\operatorname{tg}^2 \beta} \int_0^{H_1} (y + r_c^m \operatorname{tg} \beta) d(y + r_c^m \operatorname{tg} \beta) = \frac{\pi}{3 \operatorname{tg}^2 \beta} (y + r_c^m \operatorname{tg} \beta)^3 \Big|_0^{H_1} = \\ &= \frac{\pi}{3 \operatorname{tg}^2 \beta} \left( (H_1 + r_c^m \operatorname{tg} \beta)^3 - (r_c^m \operatorname{tg} \beta)^3 \right). \end{aligned} \quad (5)$$

С учётом того, что  $H_1 = (R_m - r_c^m) \operatorname{tg} \beta$ , где  $R_m$  – радиус мешалки, м,

$$\begin{aligned} V_k &= \frac{\pi}{3 \operatorname{tg}^2 \beta} \left( ((R_m - r_c^m) \operatorname{tg} \beta + r_c^m \operatorname{tg} \beta)^3 - (r_c^m \operatorname{tg} \beta)^3 \right) = \\ &= \frac{\pi}{3 \operatorname{tg}^2 \beta} \left( \operatorname{tg}^3 \beta R_m^3 - (r_c^m \operatorname{tg} \beta)^3 \right) = \frac{\pi \operatorname{tg} \beta}{3} \left( R_m^3 - (r_c^m)^3 \right). \end{aligned} \quad (6)$$

Объём цилиндра (рис.1.)

$$V_{ADCD} = \frac{\pi D_6^2 h_n \cos \beta}{4}, \quad (7)$$

где  $D_6$  – диаметр бункера, м;  
 $h_n = a_n \sin \alpha + b_n \operatorname{tg} \alpha$  – высота лопатки, м;  $a_n$ ,  
 $b_n$  – соответственно длина и ширина лопатки в сечении;  $\alpha$  – угол поворота лопатки, град.

$$V_{ADCD} = \frac{\pi D_6^2 (a_n \sin \alpha + b_n \operatorname{tg} \alpha) \cos \beta}{4}. \quad (8)$$

Объём, занимаемый мешалкой,

$$V_{\text{мш}} = V_c^m + V_n = \frac{\pi (d_c^m)^2 h_c^m}{4} + N_n L_n ab, \quad (9)$$

где  $V_c^m$  – объём, занимаемый ступицей мешалки, м<sup>3</sup>;  $V_n$  – объём, занимаемый лопастями мешалки, м<sup>3</sup>;  $d_c^m$  – диаметр ступицы мешалки, м;  $h_c^m$  – высота ступицы мешалки, м;  $N_n$  – число лопастей мешалки, шт.;  $L_n$  – длина лопастей мешалки, м.

Объём, занимаемый частью вала, находящейся в зоне смешивания,

$$V_B^{\text{см}} = \frac{\pi d_6^2 h_B}{4}, \quad (10)$$

где  $d_6$  – диаметр вала, м;  $h_B$  – высота вала в зоне смешивания, м.

Высота вала в зоне смешивания

$$h_B = H_{\text{см}} - h_c^m, \quad (11)$$

где

$$H_{\text{см}} = H_1 + h_n \cos \beta = (R_m - r_c^m) \operatorname{tg} \beta +$$

$+(a_n \sin \alpha + b_n \operatorname{tg} \alpha) \cos \beta$  – высота смесителя, м;

$$h_c^m = (R_m - r_c^m) \operatorname{tg} \beta + (a_n \sin \alpha + b_n \operatorname{tg} \alpha) \cos \beta - h_c^m. \quad (12)$$

Тогда

$$V_B^{\text{см}} = \frac{\pi d_6^2 \left( (R_m - r_c^m) \operatorname{tg} \beta + (a_n \sin \alpha + b_n \operatorname{tg} \alpha) \cos \beta - h_c^m \right)}{4}. \quad (13)$$

С учётом всех составляющих объём, в котором происходит смешивание,

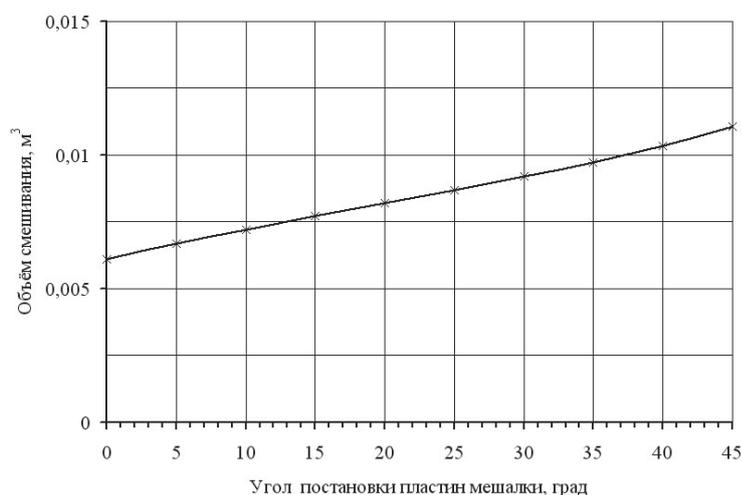
$$\begin{aligned} V_{\text{см}} &= \frac{\pi \operatorname{tg} \beta}{3} \left( R_m^3 - (r_c^m)^3 \right) + \frac{\pi D_6^2 (a_n \sin \alpha + b_n \operatorname{tg} \alpha) \cos \beta}{4} - \frac{\pi (d_c^m)^2 h_c^m}{4} - \\ &- N_n L_n ab - \frac{\pi d_6^2 \left( (R_m - r_c^m) \operatorname{tg} \beta + (a_n \sin \alpha + b_n \operatorname{tg} \alpha) \cos \beta - h_c^m \right)}{4}. \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} V_{\text{см}} &= \pi \frac{\operatorname{tg} \beta \left( R_m^3 - (r_c^m)^3 \right)}{3} + \\ &+ \frac{\left( D_6^2 - d_c^m \right) (a_n \sin \alpha + b_n \operatorname{tg} \alpha) \cos \beta - d_c^m \left( (R_m - r_c^m) \operatorname{tg} \beta + h_c^m \right) - (d_c^m)^2 h_c^m}{4} - \\ &- N_n L_n ab. \end{aligned} \quad (15)$$

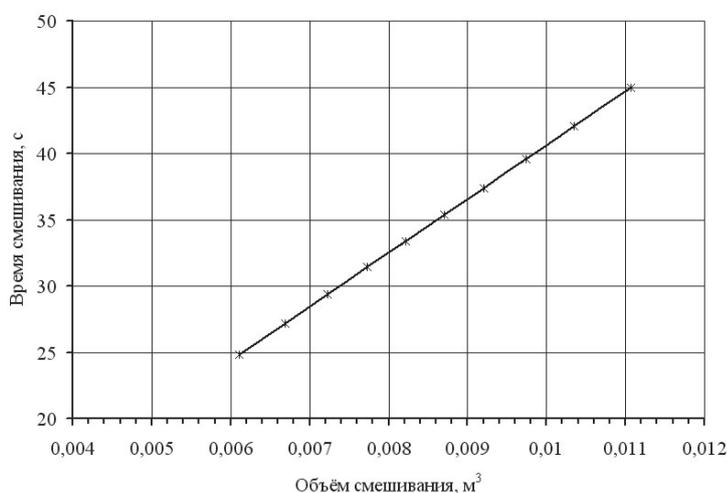
На основе полученных зависимостей был проведен численный эксперимент. Для наглядности полученные результаты представлены в виде графиков (рис. 2, 3, 4.).

Анализ представленных графиков показал, что при увеличении угла наклона пластин в интервале от 0° до 45° возрастает объём зоны, в которой происходит перемешивание. Это приводит к возрастанию времени смешивания с 25с до 45с. Увеличение производительности экструдера с 0,15 кг/с до 0,2 кг/с уменьшает время смешивания с 42с до 32с (при установке пластин под углом 30°).

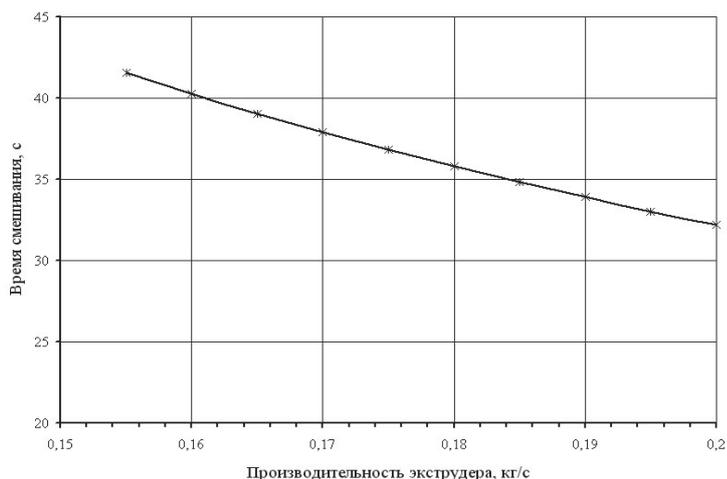
Известно, что при работе лопастного смесителя периодического действия при доле контрольного компонента более 3% длительность перемешивания смеси до неравномерности 10% составляет 0,5...1с [5]. В проектируемом нами смесителе-дозаторе



**Рис. 2. Зависимость объема  $V_{LM}$  от угла наклона пластин мешалки  $\beta$**



**Рис. 3. Зависимость времени смешивания от изменения  $V_{LM}$**



**Рис. 4. Зависимость времени смешивания от производительности пресс-экструдера**

нет необходимости добиваться неравномерности смеси 10%, так как авторы, исследовавшие процесс смешивания в пресс-экструдере, утверждают, что при этом происходит расслоение смеси и ухудшение качества смешивания [6, 7, 8]. Поэтому неравномерность поступающей в экструдер смеси в пределах 70...80% будет достаточна. Время смешивания, необходимое для достижения данной неравномерности, будет находиться в пределах 20...40с.

### Библиографический список

1. Богомягих, В.А. Теория и расчёт бункеров для зернистых материалов / В.А. Богомягих. – Ростов-на-Дону: изд-во Ростовского университета, 1973. – 152 с.
2. Юрьев, В.П. Физико-химические основы получения экструзионных продуктов на основе растительного сырья / В.П. Юрьев, А.Н. Богатырев // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1991. – № 12, С. 43 – 51.
3. НТП-АПК 1.10.16.001-02. Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов. – Введ. 29.04.2002. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 170 с.
4. НТП-АПК 1.10.16.002-03. Нормы технологического проектирования сельскохозяйственных предприятий по производству комбикормов. – Введ. 01.01.2004. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 82 с.
5. Чупшев, А.В. Повышение качества смешивания сухих микродобавок с обоснованием конструктивно-режимных параметров смесителя: Дисс. канд. техн. наук: 05.20.01 / А.В. Чупшев. – Пенза, 2009. – 185 с.
6. Зубкова, Т.М. Повышение эффективности работы одношнекового экструдера для произ-

водства кормов на основе параметрического синтеза: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Т.М. Зубкова. – Оренбург, 2006. – 320 с.

7. Коротков, В.Г. Синтез процессов и оборудования экструзионной технологии для приготовления комбикормов : Автореф. дисс. докт. техн. наук: 05.20.01 / В.Г. Корот-

ков. – Оренбург, 2009. – 34 с.

8. Мусиенко, Д.А. Определение рациональных параметров работы экструдера и влияние их на качество экструдированных комбикормов: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Д.А. Мусиенко. – Оренбург, 2002. – 212 с.

УДК 631. 171

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

**Новожилов Алексей Иванович**, кандидат технических наук, профессор

**Арютов Борис Александрович**, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики

**Тихонов Александр Анатольевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры надежности и ремонта машин

ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»  
603107, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, 97

Тел.: 8 (831)466-90-88, E-mail: [empt.ngsha@yandex.ru](mailto:empt.ngsha@yandex.ru)

**Ключевые слова:** коэффициент готовности, измерение, статистические характеристики

Рассчитан коэффициент готовности МТА при работе в условиях трех агропочвенных районов Нижегородской области. Приведена статистическая обработка полученных фотохронометражных наблюдений. Получен уточненный коэффициент технической готовности при работе МТА.

Для повышения уровня надежности, расчета состава и режимов работы машинно-тракторных агрегатов необходимо объективно количественно оценить их надежность.

Коэффициент готовности  $K_r$  [1], выражающий вероятность того, что агрегат окажется работоспособным в произвольный момент времени, - один из основных оценочных показателей надежности. Его определяют по формуле:

$$K_r = \frac{T}{(T + T_B)}, \quad (1)$$

где  $T$  - наработка на отказ, ч;

$T_B$  - общее время, затраченное на отыскание и устранение отказов и неисправностей, ч.

Для определения  $T$  необходимо в результате хронометража в процессе эксплуа-

тации техники получить следующие выборки [3, 4]:

$$\left. \begin{array}{l} T_1, T_2, \dots, T_N \\ T_{B1}, T_{B2}, \dots, T_{BN} \end{array} \right\}, \quad (2)$$

где  $T_i$  - время безостановочной работы между  $(i-1)$  и  $i$ -м отказами, ч;

$i = 1, \dots, N$  - число отказов ( $N$  - порядковый номер отказа);

$T_{Bi}$  - время отыскания и устранения  $i$ -го отказа, ч.

На основании совокупности (2) оценивается среднее значение коэффициента готовности техники по формуле:

$$\bar{K}_r = \frac{\bar{T}}{(\bar{T} + \bar{T}_B)}, \quad (3)$$

$$\text{где } \bar{T} = \frac{1}{N} \sum_1^N T_i, \quad \bar{T}_B = \frac{1}{N} \sum_1^N T_{Bi}$$

- соответственно средние значения наработки на отказ и времени восстановления, ч.