УДК 664.335.1

# ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ

**Б.Ў.Ўринов**
*Бухарский Государственный Технический Университет Республика Узбекистан, г.Бухара, пр. К.Муртазаева, 15*
**К.Х.Мажидов**
*Бухарский Государственный Технический Университет Республика Узбекистан, г.Бухара, пр. К.Муртазаева, 15*
**Ш.Ш.Тўймуродова**
*Бухарский Государственный Технический Университет Республика Узбекистан, г.Бухара, пр. К.Муртазаева, 15*
*E-mail: kafedra-03@mail.ru*

**Аннотация.** Изучение закономерностей взаимодействия сыпучей среды с рабочими органами смесителя и изменения качества смеси в зависимости от его основных параметров. Исследована интенсификация процесса сепарации фуражного зерна на плоских решетах с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований сепарации фуражного зерна на предлагаемых решетах, позволяющих получить зерновое сырье нужных кондиций для качественной выработки комбикормов. По результатам расчетов установлены значения рациональных углов расположения отверстий решета не более 15° с учетом предельной скорости движения зерна. Решение уравнений позволило получить характеристики параметров относительного движения частицы (скорости, перемещения) в зависимости от установочных параметров решета (продольного и поперечного углов наклона решета, угла расположения отверстий) и кинематических параметров привода решета (радиус и частота вращения кривошипа). Результаты проведенных исследований и анализов позволили разработать методологический комплекс исследования и структурную схему приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий с использованием интенсифицирующих рабочих органов вибрационного и ударного принципа действия, обеспечивающих повышение качества и снижение энергоемкости процесса

**Ключевые слова:** корма, машины для производства, технологические процессы, интенсификация

**Annotation**. The study of the patterns of interaction of the bulk medium with the working organs of the mixer and changes in the quality of the mixture depending



ISSN 3030-3907

on its basic parameters. The intensification of the process of separation of feed grains on flat sieves with oblong holes located at an angle is investigated. The results of theoretical and experimental studies of separation of feed grains on the proposed sieves are presented, which make it possible to obtain grain raw materials of the necessary conditions for the high-quality production of compound feeds. According to the calculation results, the values of the rational angles of the sieve openings are not more than 15 °, taking into account the maximum speed of grain movement. Solving the equations made it possible to obtain the characteristics of the relative motion parameters of the particle (velocity, displacement) depending on the installation parameters of the sieve (longitudinal and transverse angles of inclination of the sieve, the angle of the holes) and the kinematic parameters of the sieve drive (radius and frequency of rotation of the crank). The results of the conducted research and analyses made it possible to develop a methodological research package and a structural scheme for the preparation of compound feeds in agricultural enterprises using intensifying working bodies of the vibration and shock principle of operation, ensuring an increase in quality and a reduction in the energy intensity of the process.

**Keywords**: feed, production machines, technological processes, intensification

**Annotatsiya**. Ommaviy muhitning mikserning ishchi organlari bilan o'zaro ta'sirini o'rganish va uning asosiy parametrlariga qarab aralashmaning sifatini o'zgartirish.zoh. Ommaviy muhitning mikserning ishchi organlari bilan o'zaro ta'sirini o'rganish va uning asosiy parametrlariga qarab aralashmaning sizoh. Ommaviy muhitning mikserning ishchi organlari bilan o'zaro ta'sirini o'rganish va uning asosiy parametrlariga qarab aralashmaning sifatini o'zgartirish. Burchak ostida joylashgan cho'zinchoq teshiklari bo'lgan tekis elaklarda ozuqa donalarini ajratish jarayonining kuchayishi o'rganilmoqda. Taklif etilayotgan elaklarda ozuqa donalarini ajratish bo'yicha nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalari keltirilgan bo'lib, ular aralash ozuqalarni sifatli ishlab chiqarish uchun zarur shart-sharoitlarning don xom ashyosini olish imkonini beradi. Hisoblash natijalariga ko'ra, elak teshiklarining oqilona burchaklarining qiymatlari don harakatining maksimal tezligini hisobga olgan holda 15 dan ortiq emas.isoblash natijalariga ko'ra, elak teshiklarining oqilona burchaklarining qiymatlari don harakatining maksimal tezligini hisobga olgan holda 15 dan ortiq emas. Tenglamalarni echish elakning o'rnatish parametrlariga (elakning bo'ylama va ko'ndalang burchagi, teshiklarning burchagi) va elak haydovchisining kinematik parametrlariga (radius va chastota) qarab zarrachaning nisbiy harakat parametrlarining xususiyatlarini olish imkonini berdi krankning aylanishi). O'tkazilgan tadqiqotlar va tahlillar natijalari qishloq xo'jaligi korxonalarida tebranish va zarba printsipining



ISSN 3030-3907

kuchaytiruvchi ishchi organlaridan foydalangan holda aralash yemlarni tayyorlashning uslubiy tadqiqot to'plami va tarkibiy sxemasini ishlab chiqishga imkon berdi, bu jarayonning sifatini oshirish va energiya intensivligini kamaytirishni ta'minladi.

**Kalit so'zlar**: ozuqa, ishlab chiqarish mashinalari, texnologik jarayonlar, intensivlashtirish

**ВВЕДЕНИЕ.**

Национальный проект Узбекистана в области сельского хозяйства предусматривает интенсивное развитие животноводства [1].

В общем процессе производства продукции животноводства на долю кормов приходится более половины затрат [2].

Научными исследованиями и практикой доказано, что от качества комбикормов во многом зависит повышение продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы [3]. Скармливание зернофуража в виде дерти малоэффективно и экономически необоснованно. Простые кормовые смеси из нескольких видов зернофуража, сбалансированные по составу, дают значительно больший эффект, чем простая дерть, приготовленная из одной культуры.

Полноценные комбикорма, сбалансированные по основным элементам питания, микроэлементам и витаминам, оказываются на 25 - 30 % эффективнее обычных зерновых кормов [4]. Фуражное зерно можно переработать в комбикорма, развивая собственное комбикормовое производство непосредственно в хозяйствах. Это позволяет сокращать издержки на закупку сырья, его транспортировку, более рационально использовать зернофураж, дорогостоящие БВД и непрерывно обеспечивать коллективные, крестьянские (фермерские) хозяйства собственными комбикормами. Поэтому производство комбикормов непосредственно в местах потребления становится условием рентабельного ведения отрасли животноводства.

При выборе рациональных способов измельчения возникает необходимость создания и применения в сельскохозяйственном производстве измельчителей с новыми рабочими органами интенсифицирующего действия [5].

Важная роль в обеспечении рационального кормления животных принадлежит машинам и устройствам, дозирующим компоненты, входящие в состав кормовых смесей (комбикормов) [6]. Поэтому изучение вопросов интенсификация технологических процессов приготовления комбикормов является актуальными.



ISSN 3030-3907

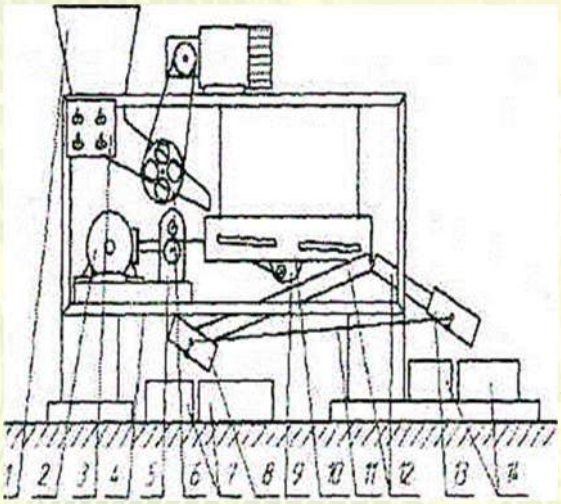
**Цель работы** являлось изучение закономерностей взаимодействия сыпучей среды с рабочими органами смесителя и изменения качества смеси в зависимости от его основных параметров.

**Объектами исследования** являлись прогрессивные технологические процессы приготовления сыпучих комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий.

**Методы исследования.** Для проведения экспериментальных исследований и анализа полученных результатов использованны современные методы [7, 8] и способы математического планирования и статической обработки [9].

**Результаты и их обсуждение.** Исследована и предложена схема для смешения и сортирования зерновых смесей в технологии приготовления комбикормов.

Схема установки приведена на рис.1.



*1 - бункер для исходной зерновой смеси; 2 - двигатель привода решета; 3 - пульт управления; 4 - рама; 5 - распределительный редуктор; 6 - привод дозатора зерна; 7 - емкости для сбора проходовой фракции; 13 - клапана; 9 - привод щеток; !0 - решетный стан; 11 - рычаг блокировки клапанов; 12 - лотки для сбора фракций; 14 - емкости для сбора сходовой фракции.*

**Рисунок 1 - Схема лабораторной установки**

С целью определения области планирования исследований проведен классический эксперимент, по результатам которого получены зависимости полноты разделения от угла расположения отверстий (рис. 2), угла поперечного наклона плоскости решета, амплитуды и частоты колебаний для величин удельной нагрузки 0,67; 1,47 и 2,28 кг/м$^2$-с. На основании этих зависимостей установлены уровни варьирования факторов.



ISSN 3030-3907

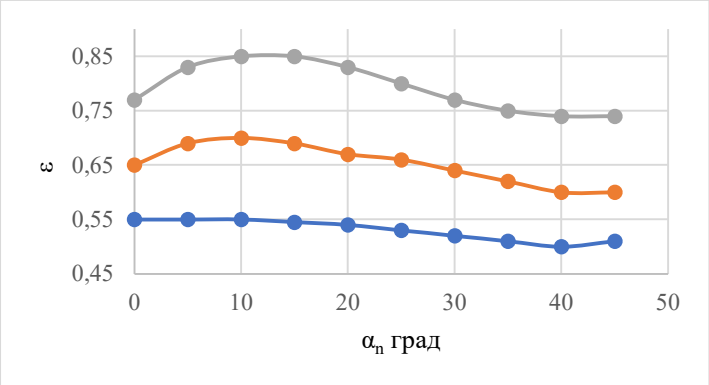



**Рисунок 2 - Зависимости полноты разделения от угла расположения отверстий решета для величин удельной нагрузки: (0 - 0,67; □ - 1,34; Δ - 2,01 кг/(м²/с), $\alpha_n$ =1,5°**

В результате проведения многофакторного эксперимента получена регрессионная модель изменения полноты разделения, адекватная на 5%-ном уровне значимости

$$\varepsilon = 0{,}765164 - 0{,}117479G + 0{,}009463\alpha' + 0{,}000107\,\alpha_n + 0{,}004861R + 0{,}000296n + + 0{,}00241\,2GR + 0{,}000069Gn + 0{,}000946\,\alpha'\,\alpha_n - 0{,}000002\,\alpha'n - 0{,}000011Rn - - 0{,}000338\,\alpha'^2 - 0{,}003574\,\alpha_n^2 - 0{,}000339R^2 - 0{,}0000003n^2. \quad (1)$$

Поверхности отклика построены в зависимости от кинематических пара метров работы решета R и п и параметров пространственного расположения отверстий решета α и $\alpha_п$ (рис. 3).

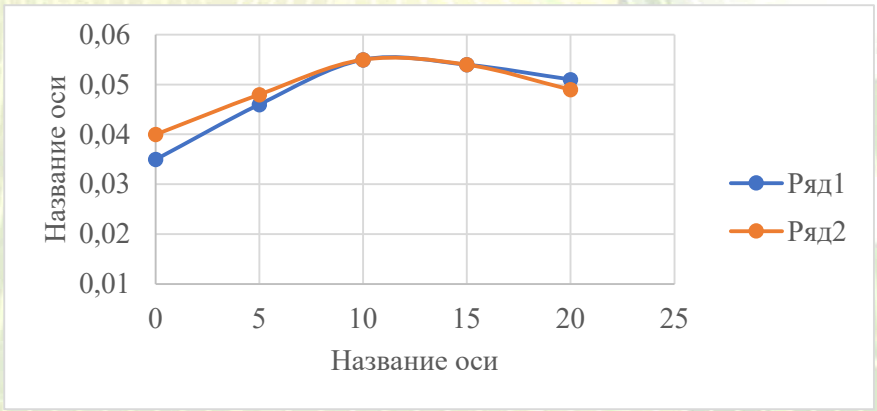



**Рисунок 3 - Теоретические и экспериментальные зависимости производительности, полученной теоретически Qтеор и экспериментально Qэксп, при поперечном угле наклона $\alpha_n$ =1,5°**

Ряд1-Q эксп; Ряд2-Q теор

Результаты теоретических исследований подтверждаются результатами экспериментов, о чем свидетельствуют зависимости производительности решета от угла наклона продолговатых отверстий, представленные на рис.3.

Для интенсификации процессов приготовления комбикормов» разработана методологическая база исследований технологических



ISSN 3030-3907

процессов приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий (рис. 4) и предложена структурная схема процесса с использованием интенсифицирующих рабочих органов вибрационного и ударного принципа действия.

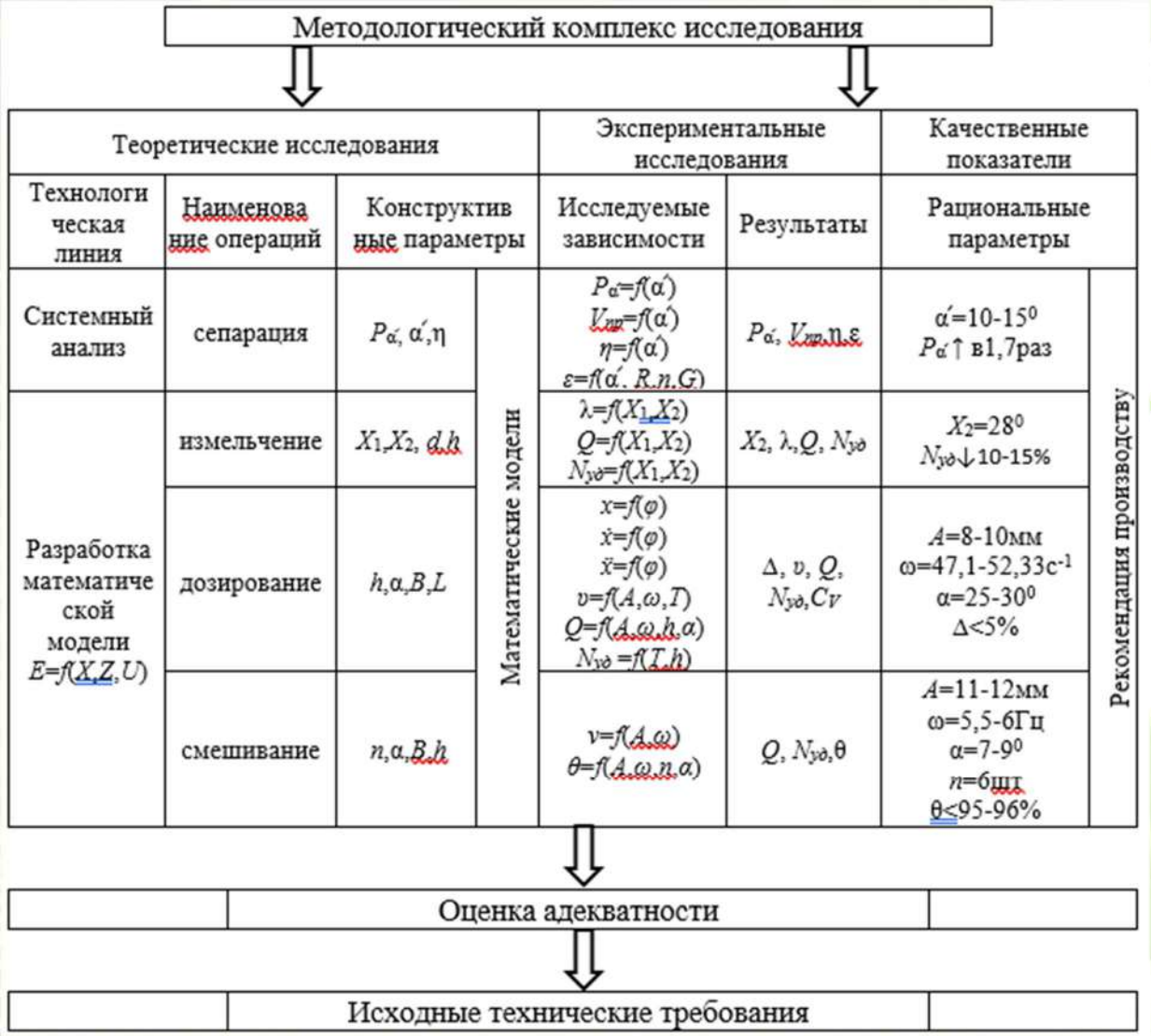



**Рисунок 4 - Методологическая база исследований процесса приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий**

Специфика процесса приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий позволяет рассматривать формализованные взаимосвязи процесса, протекающего в рабочем пространстве оборудования (для сепарации, измельчения, дозирования и смешивания) с учетом вибрационного и ударного воздействия на сыпучие корма (компоненты комбикормов) и их физикомеханические свойства, а также влияние этих закономерностей на качественные показатели готового комбикорма.

Исследована интенсификация процесса сепарации фуражного зерна на



ISSN 3030-3907

плоских решетах с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований сепарации фуражного зерна на предлагаемых решетах, позволяющих получить зерновое сырье нужных кондиций для качественной выработки комбикормов.

На основе схемы взаимного расположения решета, отверстия и зерновки, определена предельная скорость движения зерна по решету с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом к продольной оси решета (рис. 5):

$$V_{ПР} = \begin{cases} \left(\dfrac{l}{\cos\alpha'} - \dfrac{a}{2\cdot\cos\alpha'} - \dfrac{b\cdot tg\alpha}{2}\right)\cdot\sqrt{\dfrac{g\cdot\cos\alpha}{b}} \\ при \;\; 0 \le \alpha' \langle arctg \dfrac{h_0 - \dfrac{b}{2}}{l - \dfrac{a}{2}} \\ \left(\dfrac{h_0}{\cos\alpha'} - \dfrac{b}{2\cdot\cos\alpha'} - \dfrac{b\cdot tg\alpha}{2}\right)\cdot\sqrt{\dfrac{g\cdot\cos\alpha}{b}} \\ при \;\; arctg \dfrac{h_0 - \dfrac{b}{2}}{l - \dfrac{a}{2}} \le \alpha' \le \dfrac{\pi}{2} \end{cases} \quad (2)$$

где $l$ -длина отверстия;

α-угол наклона плоскости решета к горизонту;

$h_0$- ширина отверстия;

$a$, $b$ - длина и толщина зерновки;

α'-угол расположения отверстия к продольной оси решета.

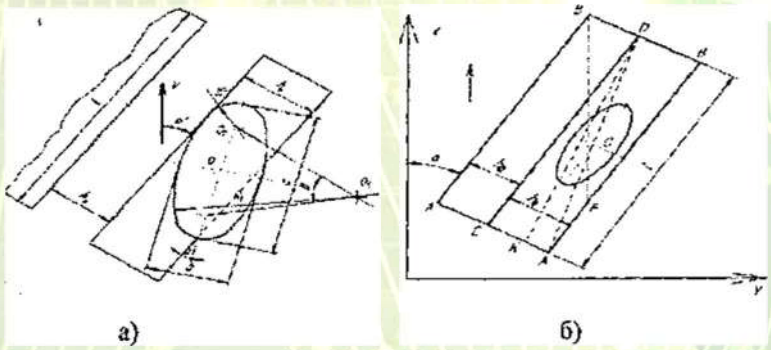



**Рисунок 5 - Расчетная схема взаимного положения зерновки и отверстия решета**

Из уравнения (2) следует, что с увеличением угла между вектором скорости частицы и осью симметрии отверстий скорость зерна уменьшается. По результатам расчетов установлены значения рациональных углов расположения отверстий решета не более 15° с учетом предельной скорости движения зерна.



ISSN 3030-3907

Вероятностный подход к процессу сепарации зерна на решете позволяет определить влияние траектории движения частицы на вероятность её взаимодействия с кромками продолговатого отверстия решета. Для того чтобы частица смогла пройти через отверстие решета, необходимо, чтобы она оказалась в зоне отверстия и располагалась относительно граней отверстия определенным образом. Расценивая эти события как независимые, вероятность прохода частицы через отверстия решета будет равна:

$$P = P_r - P_{\alpha'} \qquad (3)$$

где $P$ - вероятность прохода частицы через отверстие решета;

$P_r$ - вероятность «проходового» расположения частицы на гранях отверстия;

$P_{\alpha'}$ - вероятность взаимодействия частицы с гранями отверстия, бусловленная траекторией движения частицы на перемычке.

Для определения положения частицы, при котором проход ее через отверстие решета возможен, считая зерновку в форме эллипсоида, у которого большая ось равняется длине зерна *a,* а малая ось - толщине зерна *b,* центральное сечение представляет собой овал из дуг сопряженных радиусов $R_1$ и $R_2$, используем расчетную схему см. (рис. 5, а).

Из геометрических соотношений определяем угол $\gamma$, при котором возможен проход зерновки в отверстие решета:

$$0 \le \gamma \le \pm \arcsin \frac{2 \cdot (h_0 - R_2)}{a - 2 \cdot R_2}. \qquad (4)$$

Если известны статистические характеристики реального расположения частиц на поверхности решета относительно продольной оси отверстия, то вероятность «проходового» расположения частицы относительно грани отверстия будет равна:

$$P_\gamma = \sum_i P_j = \frac{N_\gamma}{N} \qquad (5)$$

где i - число независимых событий в диапазоне $\gamma_i$;

$P_{\gamma j}$ - вероятность каждого события в диапазоне $\gamma_j$;

$N_\gamma$ - число частиц на контрольном участке решета расположенных в диапазоне $\gamma_i$

$N$ - общее число частиц на контрольном участке решета.

Для определения вероятности взаимодействия частицы с гранями отверстия, при пересечении траектории движения частицы с гранями отверстия, используем расчетную схему, приведенную на рис. 5,б. Если, *o* < *a'<arctg* $h_П/l$, *то из* геометрических соотношении запишем:

$$P_{\alpha'} = \frac{S_{ABDC} + S_{CDK}}{S_{ABB'A'}},$$

где $S_{ABDC}$ - площадь отверстия; $S_{CDK}$ - площадь перемычки, с которой частица



ISSN 3030-3907

попадает в отверстие; $S_{ABB'A'}$ - суммарная площадь отверстия и перемычки.

Если часть arctg $h_П / l < \alpha' \leq \pi / 2$, то из рис. *5,б* запишем $P_{\alpha'} = 1 - \frac{S_{BB'F}}{S_{ABB'A'}}$, $S_{BB'F}$ - часть суммарной площади, с которой частица не проходит в отверстие. После преобразований получим:

$$P_{\alpha'} = \begin{cases} \frac{h_0}{h_0 + h_П} + \frac{1 \cdot tg\alpha'}{2(h_0 + h_П)} \\ при \ \ 0 \leq \alpha' \langle arctg \frac{h_П}{l} \\ 1 - \frac{h_П^2 \cdot ctg\alpha'}{2 \cdot l(h_0 + h_П)} \\ при \ arctg \frac{h_П}{l} \langle \alpha' \leq \frac{\pi}{2}. \end{cases} \quad (6)$$

Результаты расчетов предельной скорости движения зерна и вероятности прохода частицы через отверстия решета в зависимости от угла расположения отверстия приведены в виде графиков на рис. 6.

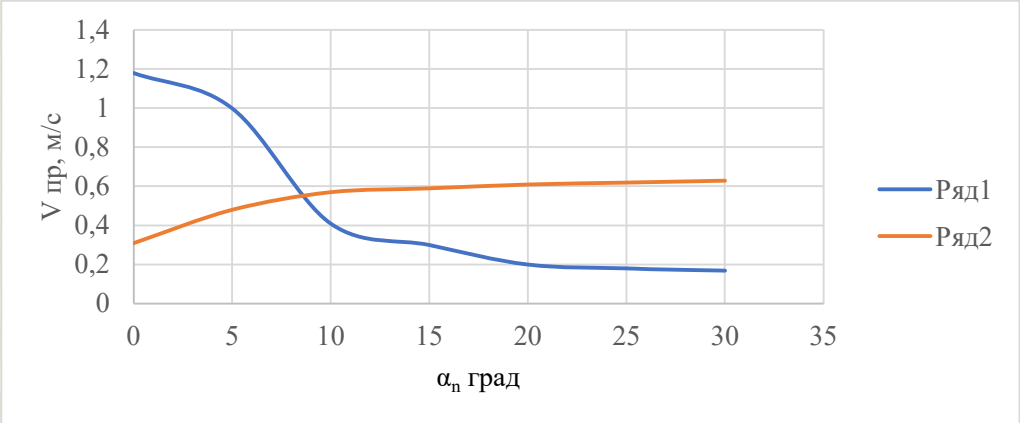



**Рисунок 6 - Зависимость предельной скорости движения зерна $V_{пр}$ и вероятности прохода частицы через отверстие решета P от угла расположен отверстий решета.**

Ряд1-Vпр; Ряд2-P

Из рисунка 6 следует, что расположение отверстий решета под углом к продольной оси способствует увеличению вероятности прохода частиц в отверстие решета. В диапазоне α' от 0 до 20° вероятность прохода частицы возрастает с 0,315 до 0,548, то есть в 1,7 раза.

Математическая модель процесса взаимодействия частицы с кромкой наклонного продолговатого отверстия решета, совершающего продольные гармонические колебания имеет вид:



ISSN 3030-3907

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \left(\cos\alpha \cdot \cos^2\alpha' \pm \sin\alpha \cdot \cos\alpha' \cdot tg\varphi\right) \cdot \left(r \cdot \omega^2 \cos\omega t - g\frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha_П \mp \cos\alpha \cdot \cos\alpha_П \cdot \cos\alpha' \cdot tg\varphi}{\cos\alpha \cdot \cos^2\alpha' \pm \sin\alpha \cdot \cos\alpha' \cdot tg\varphi}\right) \quad (7)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \left(\cos\alpha \cdot \cos\alpha' \cdot \sin\alpha' \pm \sin\alpha \cdot \sin\alpha' \cdot tg\varphi\right) \cdot \left(r \cdot \omega^2 \cos\omega t - g\frac{-\sin\alpha_П \cdot \cos\alpha \mp \cos\alpha \cdot \cos\alpha_П \cdot \sin\alpha' \cdot tg\varphi}{\cos\alpha \cdot \cos\alpha' \cdot \sin\alpha' \pm \sin\alpha \cdot \sin\alpha' \cdot tg\varphi}\right) \quad (8)$$

Уравнения (7, 8) с верхними знаками соответствуют моментам времени, относящимся к левым интервалам (движение частицы по решету вниз и вправо), а с нижними - к правым интервалам (движение частицы вверх и влево).

Решение этих уравнений позволило получить характеристики параметров относительного движения частицы (скорости, перемещения) в зависимости от установочных параметров решета (продольного и поперечного углов наклона решета, угла расположения отверстий) и кинематических параметров привода решета (радиус и частота вращения кривошипа). Для расчета параметров относительного движения частицы по решету на ПЭВМ составлена программа с использованием прикладной программы Mathcad.

Результаты расчетов теоретической производительности решета при заданной величине полноты разделения ε = 0,8 представлены на рисунке 7. Полученные зависимости $Q = f(\alpha', \alpha_П)$ показывают, что оптимальные значения угла расположения отверстий решета равны $\alpha' = 10 - 15°$ Угол поперечного наклона положительно влияет на производительность, но величина его должна ограничиваться по условию равномерного распределения зерна по поверхности решета.

Исследования по выявлению закономерностей качественных и количественных показателей работы решета с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом к продольной оси, проводили на лабораторной установке.



ISSN 3030-3907

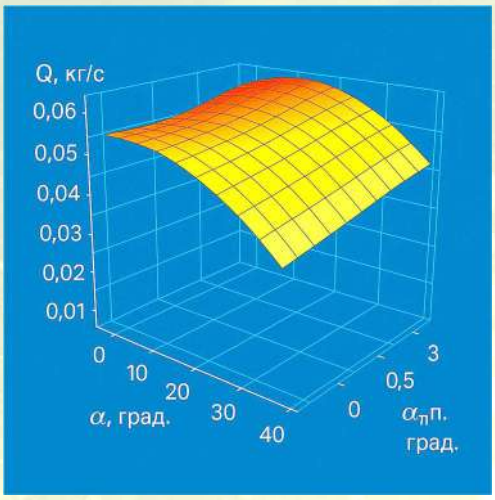



**Рисунок 7 - Зависимость теоретической производительности Q решета от продольного $\alpha'$ и поперечного $\alpha_П$ углов его наклона**

В результате отсеивающего эксперимента выяснено, что статистически значимыми по критерию Стьюдента на 5%-ном уровне значимости являются следующие факторы: удельная нагрузка на решето, угол расположения кромок прямоугольных отверстий решета к продольной оси решета, амплитуда и частота колебаний решета.

**Выводы**

Таким образом результаты проведенных исследований и анализов позволили разработать методологический комплекс исследования и структурную схему приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий с использованием интенсифицирующих рабочих органов вибрационного и ударного принципа действия, обеспечивающих повышение качества и снижение энергоемкости процесса

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аликаев В.А., Петухова Е.А., Халенева Л.Д., Видова Р.Ф. Руководство по контролю качества кормов и полноценности кормления животных. – М.: «Колос», 1967. – 424 с.6,1

2. NRC (National Research Council). (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press.

3. Lall S.P., Tibbetts S.M. (2009). Nutrition, Feeding, and Behavior of Fish. Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice.

4. Lall S.P., Tibbetts S.M. (2009). Nutrition, Feeding, and Behavior of Fish. Veterinary Clinics.

5. Hardy R.W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research.

6. Ищенко, О.Ю. Использование минерального премикса в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Т.А. Краснощекова, В.Ц. Нимаева, Н.Б.



ISSN 3030-3907

Плотников, О.Ю. Ищенко // Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии сельскохозяйственных животных на Дальнем Востоке: сб. науч. тр. ДальГАУ,- Благовещенск, 2014.- Вып. 21. - с. 8-10.
7. Ищенко, О.Ю. Влияние микронизации зерна и фермента Роксазим G2 G на содержание в нём некрахмалистых полисахаридов / Н.Б. Плотников, Э.Н. Горная, О.Ю. Ищенко // Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии сельскохозяйственных животных на Дальнем Востоке: сб. науч. тр. ДальГАУ. - Благовещенск, 2012. - Вып. 18.-е. 44-46.
8. Прохоров Е.О. Продуктивность и показатели качества молока коров при включении зерна белого люпина в состав комбикормов / Н.Г1. Буряков, Е.О. Прохоров, Л.О. Прохоров // Материалы I Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК». Минск: БГАТУ, 2016. С. 24-28.
9. Использование природного гидроалюмосиликата в животноводстве и ветеринарии: Метод, реком. /А.А.Шапошников, И.А.Бойко, Н.А.Мусиенко, Л.Р.Закирова и др. - Белгород, 2000. - 18 с.6,2.



ISSN 3030-3907