

Научная статья

Original article

УДК 686.866.66

DOI 10.55186/25876740_2024_8_3_19

**ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМЫ
ДОЗАТОРОВ К СМЕСИТЕЛЮ**
JUSTIFICATION OF THE MODES OF CONNECTION OF THE DISPENSER
SYSTEM TO THE MIXER



Мамедов Габиль Балакиши доктор наук по технике, профессор, кафедры Сельскохозяйственных машин и сервис, Азербайджанский Государственный Аграрный Университет г. Гянджа пр.Ататюрка,450, gabilmammadov66@adau.edu.az

Алиев Бахруз Мирза доктор философии по технике, доцент, кафедры Электротехнике, Азербайджанский Государственный Аграрный Университет г. Гянджа пр.Ататюрка,450, bahruz.aliyev@gmail.com

Иманова Натаван Мобиль - доктор философии по технике, доцент, кафедры Электротехники, Азербайджанский Государственный Аграрный Университет г. Гянджа пр.Ататюрка,450, imanova/1975@gmail.com

Сулейманова Набат Мурсел - доктор философии по технике, Сумгаитский Государственный Университет, г. Сумгаит, imanova/1975@gmail.com

Искандарова Айнур Джамиль - доктор философии по технике, кафедры Электротехники, Азербайджанский Государственный Аграрный Университет г. Гянджа пр.Ататюрка,450, aynuraimanova@gmail.com

Mammadov Gabil Balakishi, - Doctor of Sciences in Engineering, Professor, Department of Agricultural Machinery and Service, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, 450 Ataturk Ave., gabilmammadov66@adau.edu.az

Aliiev Bahruz Mirza - Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Department of Electrical Engineering, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, 450 Ataturk Ave., bahruz.aliyev@gmail.com

Imanova Natavan Mobile - PhD in Engineering, associate professor, Department of Electrical Engineering, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, 450 Ataturk Ave., imanova/1975@gmail.com

Suleymanova Nabat Murcel - PhD in Engineering, Sumgait State University, Sumgait, imanova/1975@gmail.com

Iskandarov Ainur Jamil - PhD in Engineering, Department of Electrical Engineering, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, 450 Ataturk Ave., aynuraimanova@gmail.com

Абстракт. В настоящее время аграрная политика в нашей республике направлена на интенсификацию производства мяса, молока, яиц и шерсти. В феврале 2005 г указ президента страны о программе социально-экономического развития регионов и вытекающий из этого план действий служат реализации этой политики. Все это требует использования в республике большого количества концентрированных комбикормов.

В последние годы в республике замечен определенный прогресс в продуктивности животных, а также в общем производстве продукции. Так, производство мяса в 2009 году по сравнению с 2000 годом составило 176,0 тыс. тонн против 108,7 тыс. тонн, производство молока-1433,1 тыс. тонн против 1031,1 тыс. тонн, производство яиц-1209,4 тыс. тонн против 542,6 тыс. тонн¹. Однако производство кормов в республике пока не удовлетворительно как по общему объему, так и по качеству. В Азербайджане по сравнению со странами Прибалтики в расчете на поголовье животных расходная единица кормов в

животноводстве в 4,3 раза меньше. В особенности производство концентрированных комбикормов, которое компенсирует нехватку питательных веществ, минералов и витаминов в других кормах, на довольно низком уровне. Очевидно, что насущной проблемой является повышение эффективности производства концентрированных комбикормов, их заготовка в требуемом количестве, улучшение качества и состава заготавливаемых кормов. Будущий уровень развития животноводства и эффективность ведения хозяйства животноводов зависит от того, как именно будет решена эта проблема.

Abstract. Currently, the agrarian policy in our republic is aimed at intensifying the production of meat, milk, eggs and wool. In February 2005 the decree of the President of the country on the program of socio-economic development of the regions and the resulting action plan serve to implement this policy. All this requires the use of a large number of concentrated compound feeds in the republic.

In recent years, there has been some progress in the productivity of animals in the republic, as well as in the overall production of products. Thus, meat production in 2009 compared to 2000 amounted to 176.0 thousand tons against 108.7 thousand tons, milk production -1433.1 thousand tons against 1031.1 thousand tons, egg production-1209.4 thousand tons against 542.6 thousand tons. However, the production of feed in the republic is still unsatisfactory both in terms of total volume and quality. In Azerbaijan, compared with the Baltic countries, the consumption unit of feed in animal husbandry is 4.3 times less per animal population. In particular, the production of concentrated compound feeds, which compensates for the lack of nutrients, minerals and vitamins in other feeds, is at a fairly low level. It is obvious that an urgent problem is to increase the efficiency of the production of concentrated compound feeds, their preparation in the required quantity, improving the quality and composition of the harvested feed. The future level of development of animal husbandry and the efficiency of animal husbandry depends on how exactly this problem will be solved.

Ключевые слова животноводство, дозатор, смеситель, концентрированные комбикорма, кормовая база.

Keywords animal husbandry, dispenser, mixer, concentrated compound feed, feed base.

Ведение. Одной из наиболее актуальных проблем современного аграрного производства является обеспечение населения достаточным количеством качественной продукции животноводства. Для успешного удовлетворения растущего спроса на мясо и молочные продукты необходимо развивать животноводство, что напрямую связано с созданием прочной кормовой базы. Обеспечение животных полнорационными кормами, сбалансированными по питательности в соответствии с запланированной продуктивностью, является одним из решающих условий повышения продуктивности и качества. Качество кормов, степень их сбалансированности питательными веществами и ферментами, а также кормовые рационы оказывают значительное влияние на продуктивность животных, качество получаемой продукции и здоровье животных [1-3].

Сбалансированные корма-это трудоемкий и энергоемкий процесс, специально разработанный для кормления сельскохозяйственных животных, содержащий органические и питательные вещества растительного, животного, искусственного происхождения [1]. Чтобы сбалансировать корма по содержанию питательных веществ, из смеси кормов и кормовых добавок, иными словами, более целесообразно приготовить концентрированный комбикорм. Можно сказать, что в состав такого корма входит до 50 ингредиентов и большую часть рациона составляют зёрна.

Основным вопросом при приготовлении концентрированных комбикормов является снижение потерь энергии за счет улучшения усвояемости корма, улучшения пищеварения и повышения его питательной ценности [6].

Наиболее перспективным способом кормления животных считается использование комбикормов, где в состав кормов могут быть включены отходы пищевой промышленности дешевых грубых кормов и переработки сельскохозяйственной продукции, при этом удастся сэкономить дорогостоящее и часто

труднодоступное зерно, а также повысить продуктивность животных на 7...10% за счет снижения расхода кормов на 15...20% [3,4].

В основе рецептурного состава комбикорма в зависимости от его назначения может лежать зерно ячменя, овсянка, пшеницы и кукурузы в качестве основного компонента. Список незерновых ингредиентов ещё больше и включает отруби, травяную муку, соломы, жмыха, мелассы и т. д. [4-5]..

В качестве добавок животного происхождения чаще используется рыбная мука, мясо-костная мука, а иногда и жиры. Кроме того, с целью снижения заболеваемости животных в корм добавляются белково-витаминные добавки, антибиотики и другие лекарственные препараты.

Цель и задачи исследования. Оно заключается в обосновании эффективных техно-логий и технических средств производства полнораціонных концентрированных комбикормов на основе местных кормовых ресурсов и информационно-отчетной системы.

Результаты исследования. Дозирование компонентов в любой технологической линии приготовления концентрированных комбикормов требует системы объемных или весовых дозаторов. Наддозаторные бункеры заполняются компонентами в основном двумя способами: последовательным и параллельным. В первом случае все, предусмотренные рецептом, компоненты концентрированного комбикорма, подаются последовательно по одной линии потока. Во втором случае однородные по физико-механическим свойствам компоненты подаются одновременно из нескольких точек.

Способ приготовления и подачи компонентов влияет на выбор размеров наддозаторных бункеров, режим дозирования и смешивания, качество и производительность линии. Тем не менее, очень часто на практике определяют по принципу максимального запаса наддозаторных бункеров. Это приводит к удлинению непродуктивного периода работы цеха (или предприятия). Поэтому определение оптимального режима работы дозирующей системы имеет практическое значение как для упрощения технологического процесса, разработки качественной схемы смешивания, так и для минимальных затрат

времени на процесс. Технологическую линию можно представить как систему линий m для приготовления корма из n компонентов по рецептуре k .

Выполняем следующее индексирование: j – номер линии (максимальное количество компонентов, готовых к одновременной подаче, $j=1,2,\dots,m$); i – номер компонента ($i=1,2,\dots,n$); n_j – количество компонентов, поданных в линию j – $n_j < n$. Минимальное количество наддозаторных бункеров не должно быть меньше максимального количества компонентов, которые должны одновременно подаваться в состав концентрированного комбикорма согласно любому рецепту k .

Оптимальные размеры k (по количеству рецептов) наддозаторного (направленный в смеситель) (рис.1) бункера определяется после решения одно-типных задач. После решения каждого из этих вопросов размеры бункера определяются в соответствии с выбранной рецептурой. После этого для каждого бункера выбирается максимум из полученных значений, и это значение является оптимальной.

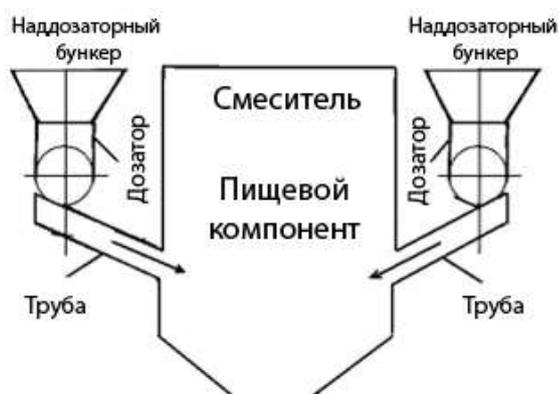


Рис.1. Система дозаторов, подключенных к смесителю

Решение такой задачи начинается с моделирования работы основной линии (подачи зерновых компонентов) [7,8]. Оно начинается с определения временной характеристики пускового, текущего, аварийно-спасательного циклов и рабочих циклов наддозаторного бункера. Предположим, что изначально все бункеры пусты, и каждый из них предназначен только для одного компонента.

Перед приготовлением концентрированного комбикорма предусматривается подключение в цепь первого компонента, затем второго и т.д. (сюда не входит только основной компонент, который по массе больше в составе). Дозирование этих компонентов начинается одновременно.

В качестве текущего рабочего цикла берется период между двумя повторными входами первого компонента в цепь. А последний рабочий цикл-это тот период, когда все дозаторы должны быть освобождены. Этот цикл может измениться в зависимости от рецепта. А это (расстановка дозаторов по новому рецепту) может быть выполнено только после окончания текущего цикла.

Принимаем следующие обозначения параметров пуска и отчета: x_{0i} – нулевое включение компонента i ($i=1,2,\dots,n$) в работу, что означает, что в нулевом рабочем цикле компонент i собирается в бункере над дозатором до тех пор, пока не будут подготовлены другие компоненты для обеспечения непрерывности работы; x_{1i} – последнее включение компонента i в цепь в рабочем цикле; P_i – производительность подготовки компонента i , кг/час; d_i – производительность дозирования компонента i кг/ч; (P_i-d_i) – количество накопления в наддозаторном бункере компонента i в течение 1 ч за период дозирования, кг; $\frac{x_{1i}}{(P_i-d_i)}$ – время, необходимое компоненту i для подключения к текущей цепи, час; $t_{i,i+1}$ – время, необходимое для перехода линии от компонента i к следующему компоненту ($i+1$) ($i=1,2,\dots,n$; $t_{n,n+1}=t_{n1}$); $\sum t$ – суммарное время переходов в цикле.

$$\sum t = \sum_{i=1}^n t_{i,i+1}. \quad (1)$$

Чтобы найти искомые значения (x_{0i} и x_{1i}), необходимо решить систему $2n$ линейных алгебраических уравнений с $2n$ решениями.

$$\left. \begin{aligned}
 x_{01} &= d_1 \left(\frac{x_{0n}}{\Pi_n - d_n} + t_{n1} \right); \\
 x_{02} &= d_2 \left(\frac{x_{0n}}{\Pi_n - d_n} + t_{n1} + \frac{x_{11}}{\Pi_1 - d_1} + t_{12} \right); \\
 x_{03} &= d_3 \left(\frac{x_{0n}}{\Pi_n - d_n} + t_{n1} + \frac{x_{11}}{\Pi_1 - d_1} + t_{12} + \frac{x_{12}}{\Pi_2 - d_2} + t_{23} \right); \\
 &\dots\dots\dots \\
 x_{0n} &= d_{n1} \left(\sum_{i=1}^{n-1} \frac{x_{0i}}{\Pi_i - d_i} + \sum t \right); \\
 x_{11} &= d_1 \left(\frac{x_{0n}}{\Pi_n - d_n} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{x_{1i}}{\Pi_i - d_i} + \sum t \right); \\
 x_{12} &= d_2 \left(\frac{x_{0n}}{\Pi_n - d_n} + \frac{x_{11}}{\Pi_1 - d_1} + \sum_{i=3}^{n-1} \frac{x_{1i}}{\Pi_i - d_i} + \sum t \right); \\
 &\dots\dots\dots \\
 x_{1,n-1} &= d_{n-1} \left(\frac{x_{0n}}{\Pi_n - d_n} + \sum_{i=1}^{n-2} \frac{x_{1i}}{\Pi_i - d_i} + \sum t \right); \\
 x_{1n} &= x_{0n}
 \end{aligned} \right\} \cdot \quad (2)$$

Решив эту систему уравнений, можно определить время, необходимое дозаторам для включения в работу минимального количества по каждому из компонентов.

$$\left. \begin{aligned}
 T_{0i} &= \frac{x_{0i}}{\Pi_i} \quad (u = 1, 2, \dots, n - 1); \\
 T_{1i} &= \frac{x_{1i}}{\Pi_i - d_i} \quad (u = 1, 2, \dots, n);
 \end{aligned} \right\} \cdot \quad (3)$$

Составив график работы всей моделируемой линии, можно определить длительность начального и текущего рабочих циклов.

$$\left. \begin{aligned}
 T_0 &= \sum_{i=1}^{n-1} T_{0i} + \sum_{i=1}^{n-1} t_{i,i+1} \quad (u = 1, 2, \dots, n - 1); \\
 T_1 &= \sum_{i=1}^n T_{1i} + \sum t
 \end{aligned} \right\} \cdot \quad (4)$$

Следует отметить, что согласно этим графикам работы при изменении рецептуры концентрированного комбикорма работа дозаторов должна быть остановлена, а над дозаторные бункеры должны быть снабжены компонентами, соответствующими рецептуре. Для этого в последнем рабочем цикле должны быть выбраны условия для присоединения к последней работе x_{2i} .

значения x_{2i} определяются из следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} x_{21} &= \frac{d_1(\Pi_1 - d_1)}{\Pi_1} \left(\frac{x_{1n}}{d_n} - t_{n1} \right); \\ x_{22} &= \frac{d_2(\Pi_2 - d_2)}{\Pi_2} \left(\frac{x_{1n}}{d_n} - \frac{x_{11}}{\Pi_1 - d_1} - t_{n1} - t_{12} \right); \\ &\dots\dots\dots \\ x_{2r} &= \frac{d_r(\Pi_r - d_r)}{\Pi_r} \left[\frac{x_{1n}}{d_n} - \sum_{i=1}^{r-1} \left(\frac{x_{1i}}{\Pi_i - d_i} + t_{i,i+1} \right) - t_{n1} \right]; \\ &\dots\dots\dots \\ x_{2,n-1} &= \frac{d_{n-1}(\Pi_{n-1} - d_{n-1})}{\Pi_{n-1}} \left[\frac{x_{1n}}{d_n} - \sum_{i=1}^{n-2} \left(\frac{x_{1i}}{\Pi_i - d_i} + t_{i,i+1} \right) - t_{n1} \right] \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

В соответствии с размерами дозаторов

$$T_{2i} = \frac{x_{2i}}{\Pi_i - d_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n-1); \quad (6)$$

$$T_2 = \sum_{i=1}^{n-1} T_{2i} + \sum t + \sum_{i=1}^{n-1} (T_{1i} - T_{2i}) = \sum_{i=1}^{n-1} T_{1i} + \sum t = T_1 - T_{1n}. \quad (7)$$

Как видно из формулы (7), продолжительность последнего рабочего цикла равна времени, прошедшему в текущем цикле на последовательное повторное подключение основного компонента к цепи.

С точки зрения точного расположения дозаторов, подключенных к системе, и использования в основном сухих рассыпчатых материалов, барабанные дозаторы являются наиболее подходящими (рис. 2). В таких дозаторах состояние рабочего органа определяет дозируемый объем, а частота вращения барабана-повторяемость доз.

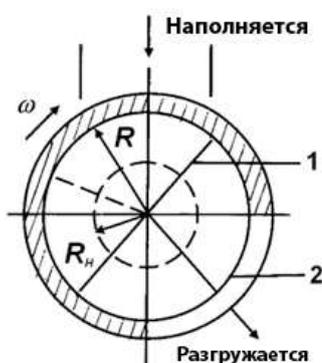


Рис. 2. Схема дозатора барабанного типа:

1- орган, регулирующий дозу; 2- окно наполнения и разгрузки

Дифференциальное уравнение движения кормовой доли выглядит следующим образом:

$$\omega' + \left(-\frac{fR}{R_k} \right) \omega^2 = \frac{fg}{R_k}, \quad (8)$$

где R_k – расстояние от вала барабана до центра тяжести кормовой массы, м;

R – внутренний радиус барабана, м;

f – коэффициент трения кормового компонента со стенкой дозирующего объема;

g – ускорение свободного падения, м/сек².

При составлении формулы (8) было принято, что при выгрузке кормового компонента из дозатора он не сжимается под действием тангенциальных сил.

Чтобы барабан не был большого размера, дозировку целесообразно определять не по объему, а по частоте ω вращения вала. Но в ряде конструкций, где частота вращения выбирается в качестве регулятора, максимальная относительная погрешность составляет 12...13%. А это отрицательно сказывается на точности дозирования. Принимая это во внимание, основное внимание следует уделить повышению точности регулирования дозирования в соответствии с частотой ω вращения барабана.

Установлено, что изменение R_k связано со следующими зависимостями:

$$R_k(t) = R_k + [1 - \exp(-\alpha t)], \quad (9)$$

где t – время разгрузки кормовой доли из дозатора, мин;

α – коэффициент выравнивания, учитывающий свойства кормового компонента и дозирующего объема.

Этот коэффициент выбирается по условию минимизации оператора на рисунке ниже:

$$J = \int_0^t [(R_k^e(t) - R_k^m(t))]^2 dt, \quad (10)$$

где R_k^m и R_k^e – значения радиуса, рассчитанные на электронно-вычислительной машине и полученные в результате эксперимента

соответственно.

Тогда уравнение (10) можно записать следующим образом:

$$\omega' + \left(-\frac{fR}{R_k + [1 - \exp(-\alpha t)]} \right) \omega^2 = \frac{fg}{R_k [1 - \exp(-\alpha t)]}. \quad (11)$$

Для обеспечения устойчивого решения уравнения (11) на компьютере необходимо выполнить следующее действие:

$$\omega' = \frac{U'}{UF(t)}, \quad (12)$$

где

$$F(t) = \frac{fR}{\{R_k + [1 - \exp(-\alpha t)]\}}. \quad (13)$$

Приведем уравнение (11) к следующему виду:

$$U'' + P(t)U' - q(t)U = 0, \quad (14)$$

где

$$P(t) = \frac{\alpha \exp(-\alpha t)}{R_k + [1 - \exp(-\alpha t)]}; \quad (15)$$

$$q(t) = \frac{fgR}{\{R_k + [1 - \exp(-\alpha t)]\}^2}. \quad (16)$$

Целесообразно решить уравнение (14) численным методом. Чтобы построить алгоритм численного решения, мы используем метод сортировки по строкам. Находим общее решение следующим образом:

$$U(t) = \sum_{n=0}^{\infty} U_n \frac{t^n}{n!}. \quad (17)$$

Чтобы упростить программирование на компьютере, запишем однородное дифференцируемое уравнение (17) в следующем виде:

$$U_{n+1} + \sum_{\kappa=0}^n \binom{n}{\kappa} P_{\kappa} U_{n-\kappa+1} + \sum_{\kappa=0}^n q_{\kappa} U_{n-\kappa} = 0. \quad (18)$$

Решение уравнения (18) выполнялось по следующим параметрам: $R_k=0,15$ м; $R=0,25$ м; $f=0,6 \dots 0,75$, $d=0,12 \dots 0,31$ м.

Полученные результаты позволяют определить схему работы и режим работы дозаторной системы со смесителем для приготовления многоком-

понентных, полнорационных концентрированных комбикормов.

Заключение. Вариация состава концентрированного комбикорма обладает широкими возможностями. Здесь возможна экономия фуражного зерна, труда, капиталовложений и энергозатрат на основе местных кормовых ресурсов, составление оптимального плана использования кормовых компонентов, отработка эффективных технологий и технических средств.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев А. Дневник фермера. Баку, 2003, с. 6
2. Джамалов А.Т. Смешивание рассыпчатых концентрированного комбикорма с жидкими добавками с образованием кипящей прослойки // Сборник научных трудов АСХИ, II изд. Гянджа, 2005, с. 49-52
3. Джамалов А.Т. Усовершенствованная установка для приготовления концентрированных комбикормов. Гянджа, 2006, с. 31
4. Гасанов Ф.Д. Определение параметров экспериментального дозатора // Азербайджанская Аграрная Наука, 2007, №1-3, с. 262
5. Гусейн А.С. Выбор способа рационализации кормосмесителя / / Азербайджанская Аграрная Наука, 2007, №1-3, с. 259-260
6. Гасанов Ф.Д. Моделирование рационального использования компонентов // Комбикорма. М., 2007, №2, с. 24-25
7. Ильин И. Техника для животноводства и кормопроизводства: что нового? // Животноводство, 2003, №3, с. 2-4
8. Козловцев А.Т. Обоснование параметров дозатора комбикорма применительно к установке приготовления полнорационных кормосмесей // Аграрная Наука Азербайджана, 2007, №6-7, с. 151-152
9. Козловцев А.Т. Изыскание принципа смешивания сыпучих и связных кормов // НАНА Гянджинский Региональный Центр Сборник Известий. Гянджа, 2007, №29, с. 67-70
10. Механизированный цех по производству комбикормов. <http://www.-sibpatent.ru/default.asp?khid=22216&Code=65311&sort=1>. 2003

REFERENCES

1. Babaev A. Farmer's diary. Baku, 2003, p. 6
2. Jamalov A.T. Mixing of crumbly concentrated combi-feed with liquid additives to form a boiling layer // Collection of scientific papers of ASKHI, II ed. Ganja, 2005, pp. 49-52
3. Jamalov A.T. Advanced plant for the preparation of concentrated compound feeds. Ganja, 2006, p. 31
4. Hasanov F.D. Determination of experimental dispenser parameters // Azerbaijan Agrarian Science, 2007, No.1-3, p. 262
5. Huseyn A.S. The choice of the method of rationalization of the feed mixer // Azerbaijan Agrarian Science, 2007, No.1-3, pp. 259-260
6. Hasanov F.D. Modeling of rational use of components // Compound feed. M., 2007, No. 2, pp. 24-25
7. Ilyin I. Equipment for animal husbandry and feed production: what's new? // Animal Husbandry, 2003, No. 3, pp. 2-4
8. Kozlovtssev A.T. Substantiation of the parameters of the feed dispenser applied to the installation of preparation of complete feed mixtures // Agricultural Science of Azerbaijan, 2007, No.6-7, pp. 151-152
9. Kozlovtssev A.T. Investigation of the principle of mixing bulk and cohesive feeds // ANAS Ganja Regional Center Collection of News. Ganja, 2007, No.29, pp. 67-70
10. Mechanized workshop for the production of compound feeds. <http://www.-sibpatent.ru/default.asp?khid=22216&Code=65311&sort=1>. 2003

© Мамедов Г.Б., Алиев Б.М., Иманова Н.М., Сулейманова Н.М., Искандарова А.Д., 2024. *International agricultural journal*, 2024, №3, 1005-1017.

Для цитирования: Мамедов Г.Б., Алиев Б.М., Иманова Н.М., Сулейманова Н.М., Искандарова А.Д. Обоснование режимов подключения системы дозаторов к смесителю//*International agricultural journal*. 2024. №3, 1005-1017.