

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.348.4

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-3-43-50>

## Приготовление растворов различной концентрации

*Ш.М. Бабаев<sup>1</sup>, Н.В. Алдошин<sup>2</sup>, А.Г. Меликов<sup>3</sup>, В.Л. Андреев<sup>4</sup>, А.С. Васильев<sup>5</sup>, В.В. Голубев<sup>6</sup>*<sup>1,3</sup> Азербайджанский государственный аграрный университет, г. Гянджа, Азербайджан<sup>2</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; г. Москва, Россия<sup>4</sup> Нижегородский государственный инженерно-экономический университет; г. Княгинино, Россия<sup>5,6</sup> Тверская государственная сельскохозяйственная академия; г. Тверь, Россия<sup>1</sup> babashaxlar@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-4032-8665><sup>2</sup> naldoshin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0446-1096><sup>3</sup> melikaxmed61@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-5443-8819><sup>4</sup> andreev.vas@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2829-3074><sup>5</sup> vasilevtgsha@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0936-2011><sup>6</sup> slavasddg@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6421-6658>

**Аннотация.** Подготовка рабочих растворов удобрений и пестицидов для производственных технологических процессов подразумевает смешивание жидкостей с соблюдением точной дозировки компонентов. Существующие конструкции дозирующих и смешивающих устройств не обеспечивают качественное дозирование, к тому же при резком увеличении количества фракции наблюдается гидроудар. С целью устранения этих недостатков на основании аналитических исследований имеющихся разработок и материалов патентного поиска создано смешивающее устройство для приготовления растворов различной концентрации с возможностью регулирования соотношения их компонентов в процессе работы устройства. Устройство обеспечивает плавное изменение концентрации препаратов за счет конструкции дозирующих заслонок, формирующих окна квадратной формы с меняющейся конфигурацией, за счет перемещения относительно друг друга образующих их пластин как по горизонтальной, так и по вертикальной осям. Предложенное устройство плавно изменяет концентрацию раствора, тем самым более точно осуществляя дозирование. Экспериментально установили, что более плавное изменение расхода рабочей жидкости соответственно концентрации раствора наблюдается при расстоянии от осей симметрии дисков дозирующего устройства до оси вращения распределительных окон, равном 0,04...0,1 м. Отклонение фактического расхода рабочей жидкости от расчетного не превышает 5%. Интеграция разработанного смесителя в системы растворных узлов, опрыскивателей и других специализированных машин будет способствовать повышению качества выполнения мелкодисперсного орошения растений, семян и почвы.

**Ключевые слова:** препарат, раствор, дозирующее устройство, концентрация раствора, смешивание жидкостей

**Для цитирования:** Бабаев Ш.М., Алдошин Н.В., Меликов А.Г., Андреев В.Л., Васильев А.С., Голубев В.В. Приготовление растворов различной концентрации // Агроинженерия. 2024. Т. 26, № 3. С. 43-50. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-3-43-50>

## ORIGINAL ARTICLE

## Preparing solutions of a various concentration

*Sh.M. Babaev<sup>1</sup>, N.V. Aldoshin<sup>2</sup>, A.G. Melikov<sup>3</sup>, V.L. Andreev<sup>4</sup>, A.S. Vasiliev<sup>5</sup>, V.V. Golubev<sup>6</sup>*<sup>1,3</sup> Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan<sup>2</sup> Federal Scientific Agroengineering Center VIM; Moscow, Russia<sup>4</sup> Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics; Knyaginino, Russia<sup>5,6</sup> Tver State Agricultural Academy; Tver, Russia<sup>1</sup> babashaxlar@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-4032-8665><sup>2</sup> naldoshin@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0446-1096><sup>3</sup> melikaxmed61@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-5443-8819><sup>4</sup> andreev.vas@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2829-3074><sup>5</sup> vasilevtgsha@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0936-2011><sup>6</sup> slavasddg@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6421-6658>

**Abstract.** When preparing treatment solutions of fertilizers and pesticides for technological processes, one should mix liquids taking into account the precise dosing of components. However, the existing designs of dosing

and mixing devices do not provide qualitative dosing. Moreover, a sharp increase of fraction quantity may result in a hydraulic impact. To eliminate these disadvantages, based on analytical research of available designs and patent search results, the authors worked out a mixer for preparing solutions of various concentrations. The device is also capable of changing the ratio of components in the process of operation. The device provides smooth change of preparation concentrations due to the design of dosing valves forming square-shaped ports with a changing configuration. The port plates move relative to each other both horizontally and vertically. The proposed device smoothly changes the concentration of the solution, thereby providing for more accurate dosing. It was experimentally found that a smoother change in the flow rate of treatment liquid according to the solution concentration is observed at a distance from the axes of symmetry of the dosing device disks to the rotation axis of the distribution ports, equal to 0.04 to 0.1 m. The deviation of the actual treatment liquid flow rate from the calculated one does not exceed 5%. The integration of the developed mixer into the systems of fertigation units, sprayers and other specialized machines will ensure better quality of the fine irrigation of plants, seeds, and soil.

**Key words:** preparation, solution, dosing device, solution concentration, mixing of liquids

**For citation:** Babaev Sh.M., Aldoshin N.V., Melikov A.G., Andreev V.L., Vasiliev A.S., Golubev V.V. Preparing solutions of a various concentration. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2024;26(3):43-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-3-43-50>

### Введение

Фолиарные обработки вегетирующих растений позволяют наиболее эффективно использовать ограниченные ресурсы макроудобрений, рострегулирующих веществ и средств защиты от вредных биологических объектов [1-4]. При приготовлении растворов удобрений и средств защиты растений различных концентраций применяется широкий спектр рабочих органов и сельскохозяйственной техники [1, 5-7]. В растениеводстве основными видамиготавливаемых растворов являются маточный и рабочий растворы. Маточный раствор представляет собой высококонцентрированную смесь компонентов, препаративная форма которых не позволяет осуществлять их прямое введение в рабочий раствор без специальной подготовки. Из маточных растворов готовят рабочие растворы для последующей прямой обработки, ими обогащают поливную жидкость в оросительных системах. Рабочие растворы имеют меньшую концентрацию действующих веществ и не требуют дополнительной подготовки к применению.

Основным способом приготовления растворов является смешивание с водой действующих веществ (удобрений, средств защиты растений, рострегулирующих веществ) непосредственно в опрыскивателях или при помощи специальных растворных узлов<sup>1,2</sup> [6, 7]. При этом введение препаратов в растворы в необходимых количествах осуществляется

<sup>1</sup> Шаповал О.А., Можарова И.П., Веревкина Т.М., Мухина М.Т., Кононова Т.В. Методическое руководство по классификации смесевых агрохимикатов для целей государственной регистрации в части оценки биологической эффективности и регламентов применения на территории Российской Федерации. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 44 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 21507-2013. Защита растений. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2020. 32 с.

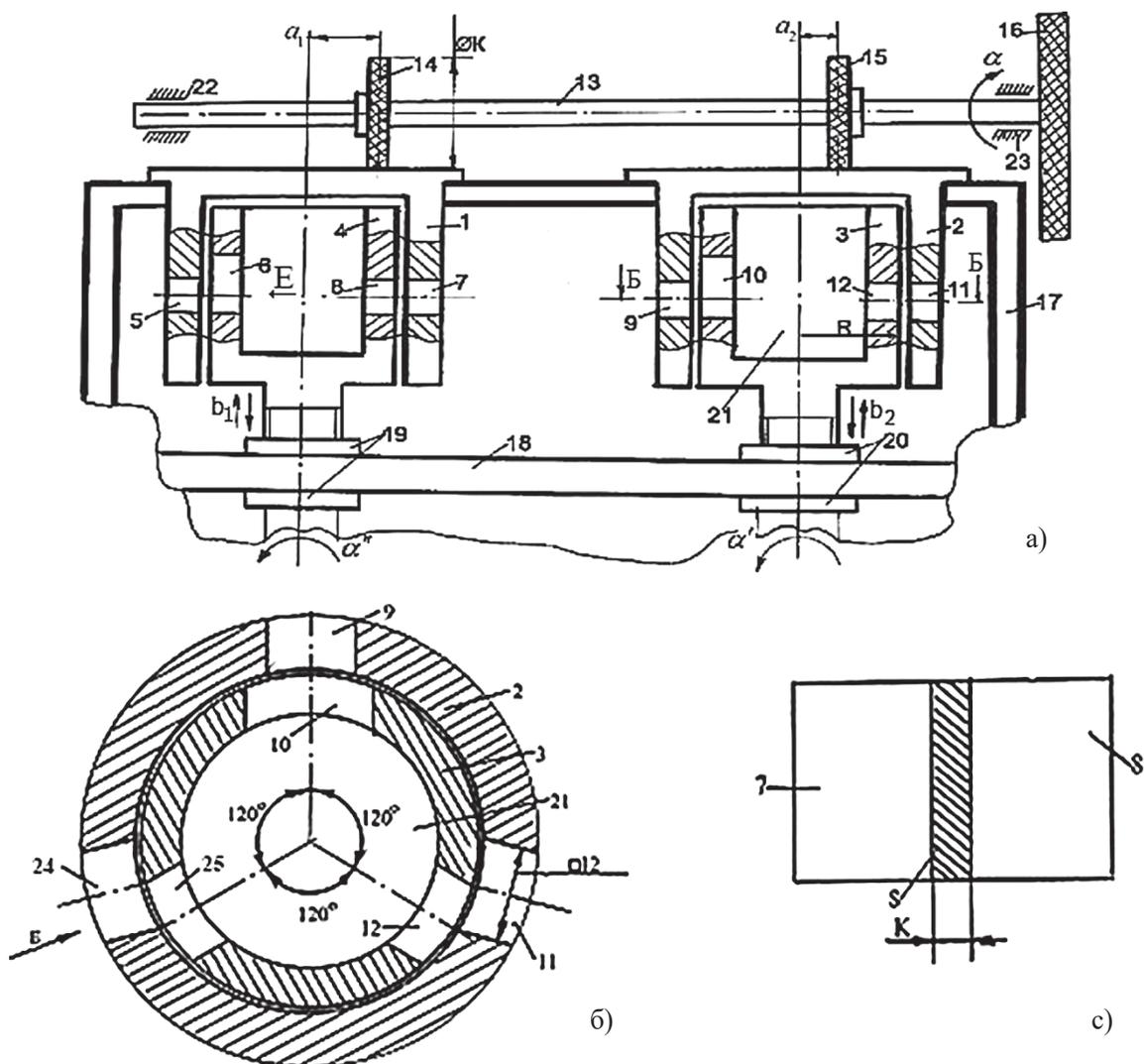
полной дозой на основании сопроводительных рекомендаций по применению. Часто наблюдаются перерасход дорогостоящих действующих веществ и несоответствие применяемых концентраций рабочих растворов фазам развития вредных объектов, возникает сложность при производстве ограниченных доз растворов – например, при ультрамалообъемном опрыскивании. Кроме того, имеющиеся дозирующие устройства имеют сложные и материалоемкие конструкции, эксплуатация и обслуживание которых требуют высококвалифицированного персонала [8-11]. Перечисленные недостатки обуславливают необходимость разработки новых эффективных конструкций смесителей, позволяющих выполнять оперативное бесступенчатое изменение концентрации растворов.

**Цель исследований:** разработка смешивающего устройства для приготовления растворов различной концентрации с возможностью регулирования соотношения смешиваемых жидких компонентов в процессе работы устройства.

### Материалы и методы

На основании аналитических исследований имеющихся разработок и материалов патентного поиска разработано устройство, обеспечивающее плавное изменение концентрации препаратов при выполнении технологического процесса смешивания [8] (рис. 1).

Открывающиеся в корпусе и заслонке окна, имеющие квадратную форму, для удобства дозирования могут перемещаться относительно друг друга как по горизонтальной (на расстояние  $M$  от центра выходного окна заслонки), так и по вертикальной осям (на расстояние  $N$  от центра выходного окна корпуса) (рис. 2). Площадь поперечного сечения  $S$ ,  $m^2$ ,



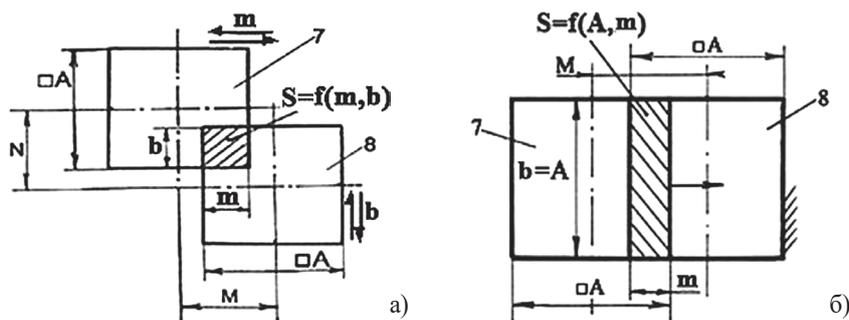
**Рис. 1. Конструкция смесителя для дозирования растворов различной концентрации:**  
 а – кинематическая схема; б – вращающийся распределитель жидкостей (вид Б-Б); с – выходное окно (вид Е):

- 1, 2 – корпус жидкостного смесителя; 3, 4 – заслонки; 5, 9 – входные окна корпуса;
- 6, 10 – входные окна заслонки; 7, 11 – выходные окна корпуса; 8, 12 – выходные окна заслонки; 13 – вал;
- 14, 15, 16 – диск; 17 – неподвижная пластина; 18 – подвижная пластина; 19, 20 – пара гаек и болтов;
- 21 – разрыв в заслонке; 22, 23 – опоры; 24, 25 – выходные окна в корпусе и заслонке смесителя жидкости

**Fig. 1. Design of a mixer for dosing solutions of various concentrations:**

а – kinematic scheme; б – rotating liquid distributor (type B-B); с – exit port (type E):

- 1; 2 – liquid mixer housing; 3; 4 – flaps; 5; 9 – intake ports of the mixer housing;
- 6; 10 – intake ports of the flap; 7; 11 – exit ports of the housing; 8; 12 – exit ports of the flap; 13 – shaft;
- 14; 15; 16 – disk; 17 – fixed plate; 18 – movable plate; 19; 20 – a pair of nuts and bolts;
- 21 – flap gap; 22, 23 – support; 24, 25 – exit ports in the housing and the flap of the liquid mixer



**Рис. 2. Схема смещения выходного окна, образуемого корпусом (7) и заслонкой (8) смесителя**

**Fig. 2. Scheme of the displacement of the exit port formed by the housing (7) and the valve (8) of the mixer**

образующегося в результате встречи окон, зависит от стороны квадрата, полученного смещением окна по горизонтальной и вертикальной осям на  $b$  и  $m$ , то есть  $S = f(b, m)$  [9].

Концентрация растворов рабочей жидкости может плавно регулироваться посредством изменения показателей  $b$  и  $m$  в диапазоне от начала формирования живого сечения наименьшей площади до величины  $S = A^2$ , когда окна полностью перекрываются.

Вычисление нормы расхода рабочей жидкости при различных конструктивных параметрах и режимах работы производилось согласно схеме расчета, представленной на рисунке 3.

Отдельные расчеты норм расхода рабочей жидкости дозирующим устройством были обоснованы в рамках предварительных работ [10, 11].

Используя данные предварительных расчетов [11] и различные конструктивные параметры и режимы работы устройства, определяли расход рабочей жидкости  $Q$ , проходящей за время  $t$  через площадь живого сечения ( $S = f(m, b)$ ) со стороны совпадения окон квадратной формы, открытых в заслонках корпуса устройства.

Исходная концентрация раствора препарата  $\omega$ , %, определяется с помощью выражения

$$\omega_1 = \frac{m_{\text{препар.}}}{m_{\text{препар.}} + m_{\text{вода}}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

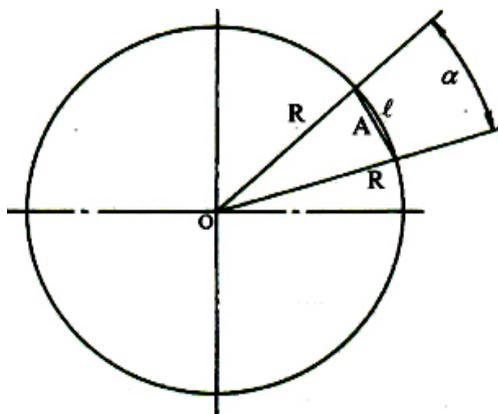


Рис. 3. Схема для расчета нормы расхода смешивающего устройства:

- $A$  – длина стороны выходных окон квадратной формы в корпусе и заслонке;
- $\alpha$  – угол поворота корпуса делителя относительно его заслонки;
- $R$  – радиус отверстия выходного окна;
- $l$  – длина дуги при смещении окон

Fig. 3. Scheme for calculating the flow rate of the mixer:

- $A$  – length of the side of the square-shaped exit ports in the housing and the flap;
- $\alpha$  – angle of rotation of the divider housing relative to its flap;
- $R$  – radius of the opening of the exit port;
- $l$  – length of the arc when the ports are displaced

Для получения раствора с меньшей концентрацией  $\omega_2$  необходимо рассчитать расход воды:

$$Q_1 \cdot \omega_1 = (Q_1 + Q_{\text{вода}}) \cdot \omega_2. \quad (2)$$

Поскольку  $Q_1$ ,  $\omega_2$  известны в выражении (2), то значение  $Q_{\text{вода}}$  можно определить с помощью следующего выражения:

$$Q_{\text{вода}} = \frac{Q_1 \cdot \omega_1 - Q_1 \cdot \omega_2}{\omega_2} = \frac{Q_1 (\omega_1 - \omega_2)}{\omega_2}. \quad (3)$$

Ориентируясь на данные наших ранних исследований [10] и учитывая одинаковое время дозирования растворов, запишем систему:

$$\begin{cases} Q_{\text{препар.}} = \mu_{\text{препар.}} \cdot \gamma_{\text{препар.}} \cdot S_{\text{препар.}} \cdot \sqrt{2gp_{\text{препар.}}} \\ Q_{\text{вода}} = \mu_{\text{вода}} \cdot \gamma_{\text{вода}} \cdot S_{\text{вода}} \cdot \sqrt{2gp_{\text{вода}}}, \end{cases} \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода (безразмерный);  $\gamma$  – удельный вес,  $\text{кг/м}^3$ ;  $S$  – площадь окна,  $\text{м}^2$ ;  $p$  – давление в системе,  $\text{мм вод. ст.}$ ;  $g$  – ускорение выпуска,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Учитывая (4) в (3), можно записать:

$$\frac{\mu_{\text{вода}} \cdot \gamma_{\text{вода}} \cdot S_{\text{вода}} \cdot \sqrt{2gp_{\text{вода}}}}{\mu_{\text{препар.}} \cdot \gamma_{\text{препар.}} \cdot S_{\text{препар.}} \cdot \sqrt{2gp_{\text{препар.}}}} \cdot (\omega_1 - \omega_2) = \omega_2. \quad (5)$$

Учитывая, что значения  $\mu_{\text{вода}}$ ,  $\gamma_{\text{вода}}$ ,  $p_{\text{вода}}$ ,  $\mu_{\omega_1}$ ,  $\gamma_{\omega_1}$ ,  $p_{\omega_1}$  и  $g$  являются постоянной величиной и определяются из условия конструктивной возможности, запишем:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{вода}} \cdot \gamma_{\text{вода}} \cdot \sqrt{2gp_{\text{вода}}} &= A_1; \\ \mu_{\text{препар.}} \cdot \gamma_{\text{препар.}} \cdot \sqrt{2gp_{\text{препар.}}} &= B_1, \end{aligned} \quad (6)$$

откуда получим:

$$A_1 \cdot S_{\text{вода}} = \frac{S_{\text{препар.}} \cdot B_1 \cdot (\omega_1 - \omega_2)}{\omega_2}. \quad (7)$$

При этом для разных значений  $\omega_1$  и  $\omega_2$  (раствор нужной концентрации из раствора исходной концентрации) получим зависимость:

$$\frac{S_{\text{вода}}}{S_{\text{препар.}}} = \frac{B_1 (\omega_1 - \omega_2)}{A_1 \cdot \omega_2}. \quad (8)$$

Если провести упрощение в (8), то можно записать:

$$\frac{B_1}{A_1} = K_1. \quad (9)$$

Учитывая также (9) в (8), получим:

$$\frac{S_{\text{вода}}}{S_{\text{препар.}}} = K_1 \cdot \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{\omega_2}, \quad (10)$$

где  $K$  – диаметр фрикционного диска, м.

В зависимостях (1), (4)...(8) и (10) регулируется концентрация рабочего раствора (удобрения или пестицида).

Получить раствор рабочей жидкости десятикратной концентрации относительно исходного позволяет следующее выражение:

$$\begin{cases} \omega_1 > \omega_2 \text{ для случая } + \left| \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2} \right| \\ \omega_1 < \omega_2 \text{ для случая } - \left| \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2} \right|. \end{cases} \quad (11)$$

В системе (11) первое выражение заключается в увеличении процентного содержания воды в растворе рабочей жидкости, а второе выражение – в его снижении. Другими словами, случай со знаком «+» в (11) указывает, во сколько раз в раствор добавлено больше воды, а случай со знаком «-» указывает, во сколько раз следует уменьшить массу раствора (снижение количества воды в растворе рабочей жидкости).

Соотношение для оценки концентрации раствора рабочей жидкости на основании теоретических исследований можно записать как

$$m_1 \cdot \omega_1 = m_2 \cdot \omega_2. \quad (12)$$

Используя выражение (12), можно рассчитать количество воды, требуемой за установленный промежуток времени для получения процентного раствора рабочей жидкости  $\omega_2$ :

$$m_2 = m_1 + m_{\text{вода}}. \quad (13)$$

Учитывая выражение (13), получим:

$$m_1 \cdot \omega_1 = (m_1 + m_{\text{вода}}) \cdot \omega_2. \quad (14)$$

Для получения раствора необходимой концентрации  $\omega_2$  следует учесть значение массы получаемого раствора рабочей жидкости:

$$m_1 + m_{\text{вода}} = \frac{m_1 \cdot \omega_1}{\omega_2}. \quad (15)$$

Массу воды для получения раствора требуемой концентрации  $\omega_2$  можно определить с помощью следующего выражения:

$$m_{\text{вода}} = \frac{m_1 \cdot \omega_1}{\omega_2} - m_1. \quad (16)$$

В то время как массовый раствор с концентрацией  $\omega_1$  дозируется из одной емкости  $m_1$  одновременно, обычная вода массой  $m_{\text{вода}} = \frac{m_1 \cdot \omega_1}{\omega_2} - m_1$  дозируется из другой.

Чтобы получить раствор рабочей жидкости с меньшей концентрацией, рассмотрим выражения (16) и (11) вместе:

$$m_{\text{вода}} = + \left| \frac{m_1 \cdot \omega_1}{\omega_2} - m_1 \right|. \quad (17)$$

Для случая  $\omega_1 > \omega_2$  значение выражения под знаком модуля в выражении (17) будет положительным. Учитывая плотность растворов, коэффициент расхода и другие показатели, влияющие на процесс дозирования раствора рабочей жидкости, получаем выражение для соотношения площадей живого сечения, где они перемешиваются:

$$\begin{aligned} \frac{m_{\text{вода}}}{m_1} &= \frac{\frac{m_1 \cdot \omega_1}{\omega_2} - m_1}{m_1} = \frac{\frac{m_1 \cdot \omega_1 - m_1 \cdot \omega_2}{\omega_2}}{m_1} = \\ &= \frac{m_1(\omega_1 - \omega_2)}{m_1 \cdot \omega_1} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2}. \end{aligned} \quad (18)$$

По результатам аналитических исследований отметим, что независимо от значений концентраций  $\omega_1$  и  $\omega_2$  исходного препарата для обеспечения качественного технологического процесса к требуемой концентрации раствора рабочей жидкости в естественных условиях за требуемый период дозируемая масса воды будет отличаться от массы дозируемого раствора  $\left| \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2} \right| \cdot m_1$ . При  $\omega_1 > \omega_2$  масса расходуемой в единицу времени воды будет существенно больше  $\frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2}$

массы раствора, а при  $\omega_1 < \omega_2$  – существенно меньше.

Учитывая расход рабочей жидкости [10] как основной показатель качества работы смесителя с поворотной заслонкой и выражение для массового расхода раствора рабочей жидкости, получим:

$$\begin{cases} m_1 = \mu_1 \cdot \gamma_1 \cdot S_1 \cdot \sqrt{2gp} \cdot t \\ m_{\text{вода}} = \mu_{\text{вода}} \cdot \gamma_{\text{вода}} \cdot S_{\text{вода}} \cdot \sqrt{2gp} \cdot t. \end{cases} \quad (19)$$

С учетом регулировок дозатора можно плавно изменять концентрацию конечного материала в широких пределах и значений плотности.

Отдельные расчеты бесступенчатой регулировки концентрации рабочих растворов были выполнены в ходе реализации ранних экспериментальных исследований данного процесса [11].

## Результаты и их обсуждение

Предлагаемое устройство смесителя реализовано в виде экспериментального образца, включающего в себя стойку с расположенными емкостями, дозирующее устройство, соединительные шланги для транспортировки и подачи рабочей жидкости (рис. 4).

Предложенное устройство смесителя позволяет изменять концентрацию рабочей жидкости в процессе его работы. При этом исключаются недостатки, присущие известным дозирующим устройствам. Вращающийся распределитель жидкостей предотвращает гидравлический удар в системе. Механизм смесителя имеет одинаковое количество поворотных



Рис. 4. Устройство смесителя для приготовления растворов различной концентрации

Fig. 4. Mixer for preparing solutions of a various concentration

заслоночных делителей жидкости, управляемых одним и тем же валом в устройстве, что обеспечивает быстрое и простое регулирование соотношения компонентов раствора. При этом осуществляется плавное изменение концентрации и возможно более точное дозирование компонентов разной плотности (рис. 5).

Проведено сравнение теоретических и экспериментальных значений расхода раствора при изменении расстояния  $a$  (рис. 6). При этом  $a$  представляет собой расстояние от осей симметрии дисков 14 и 15 до оси вращения распределительных окон. Тем самым изменение расстояния  $a$  характеризует плавность изменения концентрации рабочего раствора, подаваемого на обрабатываемый материал.

Анализ полученных зависимостей позволил сделать вывод о том, что более плавное изменение расхода, обуславливающее качество смешивания, наблюдается при значениях расстояния  $a$ , соответствующего диапазону от 0,04 до 0,1 м. Отклонение фактического расхода жидкости от расчетного не превышает более 5%, что находится в допустимых пределах.

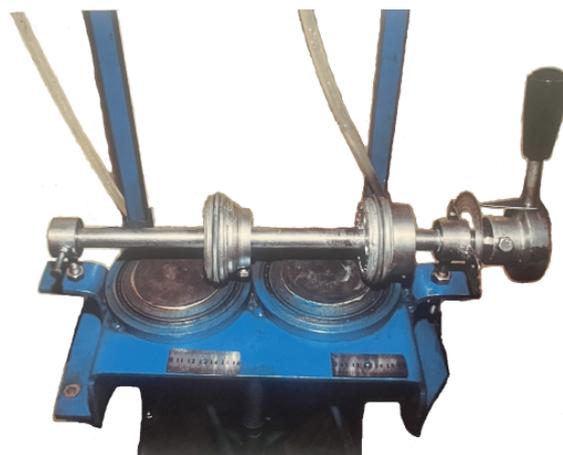


Рис. 5. Механизм дозирующего устройства смесителя

Fig. 5. Dosing mechanism of the mixer

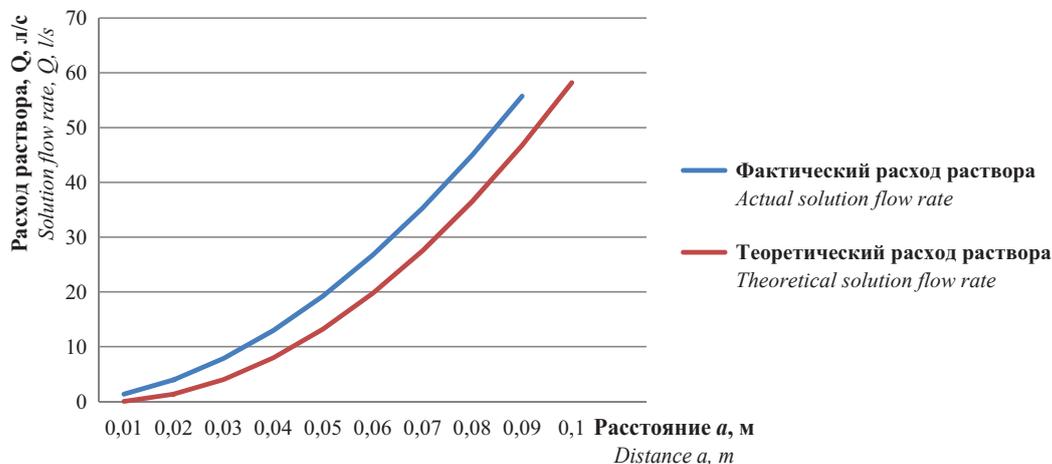


Рис. 6. Зависимости расхода  $Q$  от расстояния  $a$  при последовательном изменении переменных величин

Fig. 6. Relationship between the flow rate  $Q$  and the distance  $a$  with consecutive changes in variables

## Выводы

1. Разработанное устройство для смешивания жидкостей различной консистенции за счет конструкции дозирующих заслонок обеспечивает плавное изменение концентрации препаратов.

2. Созданное дозирующее устройство позволяет быстро и бесступенчато регулировать необходимый уровень концентрации того или иного компонента и предотвращать перерасход действующих веществ в процессе приготовления раствора.

## Список источников

1. Милоткин В.А., Шахов В.А., Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А., Комарова Н.К., Смелик В.А. Исследование инновационных технологий, техники и жидких минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси при возделывании сельхозкультур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 104-111. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-96-4-104-111>
2. Алдошин Н.В., Бабаев Ш.М., Васильев А.С., Кудрявцев А.В., Голубев В.В. Результаты применения модифицированного наконечника распылителя опрыскивателя при фолитарной обработке посевов кормовых культур // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2020. № 24 (187). С. 51-66. EDN: HVKUDL
3. Vasiliev A.S., Farinyuk Y.T., Yakovleva S.V., Kudryavtsev N.A. Phytopathological condition of flax crops during treatment with hightech preparations. *Annals of Biology*. 2022;38(1):71-76. EDN: RKVCSK
4. Смелик В.А., Иванов А.И., Цыганова Н.А. Экологические аспекты дифференцированного применения удобрений в точном земледелии // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2014. № 34. С. 147-149. EDN: SBYTMZ
5. Машина для дифференцированного внесения пестицидов, жидких минеральных удобрений и других агрохимикатов: Патент RU2748996 C1, МПК A01C23/00, A01M 7/00, A01G 25/09 / А.Ю. Измайлов, Л.А. Марченко, И.Г. Смирнов, А.Ю. Спиридонов; Заяв. № 2020131413, 24.09.2020, опубл. 02.06.2021. Бюл. № 16. EDN: VYCVSZ
6. Калинин А.Б., Теплинский И.З., Смелик В.А., Теплинская О.Н., Немцев И.С. Совершенствование методов мониторинга качества работы дозирующих систем машин химизации // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 94-98. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp94-98>
7. Бабаев Ш.М. Разработка технологии и технических средств для локально-принудительного осаждения жидких пестицидов // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8, № 3. С. 93-106. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/76/11>
8. Устройство для приготовления раствора соли разной концентрации: Патент AZ № а 2011 0004 / Ш.М. Бабаев, А.А. Аскерова. Баку, 2011.
9. Искендерзаде Э.Б., Бабаев Ш.М., Аббасов Б.А., Ахмедли Ш.В., Алиева Л.С. Определение живого сечения окна для сортировки зернистых материалов // Актуальные вопросы современной науки. 2018. № 1 (17). С. 27-32. EDN: YWYKZE
10. Аскерова А.А., Бабаев Ш.М. Расчет параметров дозирующего устройства для интенсификации процесса регулирования концентрации раствора // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 5-6 (341-342). С. 90-92. EDN: TEATLL
11. Бабаев Ш.М., Аскерова А.А. Исследование технологических характеристик устройства для дозирования раствора // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 2-3 (344-345). С. 90-92. EDN: TVWNAJ

Высокое качество смешивания наблюдается при расстоянии от осей симметрии дисков дозирующего устройства до оси вращения распределительных окон, равно 0,04...0,1 м. Отклонение фактического расхода рабочей жидкости от расчетного не превышает 5%.

3. Интеграция представленного смесителя в системы растворных узлов, опрыскивателей и других специализированных машин будет способствовать повышению качества выполнения мелкодисперсного орошения растений, семян и почвы.

## References

1. Milyutkin V.A., Shakhov V.A., Asmankin E.M., Ushakov Yu.A., Komarova N.K., Smelik V.A. Research of innovative technologies, engineering and liquid mineral fertilizers based on carbamide-ammonia mixture for crop cultivation. *Izvestiya Orenburgskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2022;4(96):104-111. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-96-4-104-111>
2. Aldoshin N.V., Babaev Sh.M., Vasiliev A.S., Kudryavtsev A.V., Golubev V.V. Results of using a modified sprayer tip for of foliar treatment of forage crops. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2020;24 (187):51-66. (In Russ.)
3. Vasiliev A.S., Farinyuk Y.T., Yakovleva S.V., Kudryavtsev N.A. Phytopathological condition of flax crops during treatment with hightech preparations. *Annals of Biology*. 2022;38(1):71-76.
4. Smelik V.A., Ivanov A.I., Tsyganova N.A. Ecological aspects of variable-rate application of fertilizers in precision farming. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2014;34:147-149. (In Russ.)
5. Izmajlov A.Y., Marchenko L.A., Smirnov I.G., Spiridonov A.Y. Machine for differentiated application of pesticides, liquid mineral fertilizers and agrochemicals: Patent No 2748996 C1 Russian Federation, IPC A01C23/00, A01M 7/00, A01G 25/09. 2021. (In Russ.)
6. Kalinin A.B., Teplinskiy I.Z., Smelik V.A., Teplinskaya O.N., Nemtsev I.S. Improving the quality control methods for the functioning of dosing systems of chemicalization machines. *The Agrarian Scientific Journal*. 2022;6:94-98. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i6pp94-98>
7. Babaev Sh.M. Development of technology and technical means for local forced deposition of liquid pesticides. *Bulletin of Science and Practice*. 2022;8(3):93-106. (In Russ.) <https://doi.org/10.33619/2414-2948/76/11>
8. Babaev Sh.M., Askerova A.A. Device for preparing a salt solution of various concentrations: Patent No. a 2011 0004 Azerbaijan. Baku, 2011. (In Russ.)
9. Iskenderzade E.B., Babaev Sh.M., Abbasov B.A., Akhmedli Sh.V., Alieva L.S. Determining the clear area of a port for sorting granular materials. *Aktualnye Voprosy Soveremennoy Nauki*. 2018;1(17):27-32. (In Russ.)
10. Askerova A.A., Babaev Sh.M. Calculation of the parameters of a dosing device for intensified regulation of the concentration of a solution *Izvestiya Vuzov. Food Technology*. 2014;5-6(341-342):90-92. (In Russ.)
11. Babaev Sh.M., Askerova A.A. Research of technical characteristics of device for solution proportioning. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*. 2015;2-3(344-345):90-92. (In Russ.)

**Информация об авторах**

- Шахлар Махмуд оглы Бабаев**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой; babashaxlar@mail.ru
- Николай Васильевич Алдошин**<sup>2</sup>, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник; naldoshin@yandex.ru
- Ахмед Гули оглы Меликов**<sup>3</sup>, д-р техн. наук, доцент, доцент кафедры пищевой инженерии и экспертизы; melikaxmed61@mail.ru
- Василий Леонидович Андреев**<sup>4</sup>, д-р техн. наук, профессор; andreev.vas@mail.ru
- Александр Сергеевич Васильев**<sup>5</sup>, д-р с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой; vasilevtgsha@mail.ru
- Вячеслав Викторович Голубев**<sup>6</sup>, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой; slavasddg@mail.ru
- <sup>1,3</sup> Азербайджанский государственный аграрный университет; AZ2000, Азербайджан, г. Гянджа, проспект Атаюрка, 262
- <sup>2</sup> Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5
- <sup>4</sup> Нижегородский государственный инженерно-экономический университет; 606340, Российская Федерация, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22 А
- <sup>5,6</sup> Тверская государственная сельскохозяйственная академия; 170904, Российская Федерация, г. Тверь, пос. Сахарово, ул. Василевского, 7

**Вклад авторов**

- Ш.М. Бабаев – руководство исследованием, формальный анализ, создание черновика рукописи;
- Н.В. Алдошин – концептуализация, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование;
- А.Г. Меликов – методология, проведение исследования;
- В.Л. Андреев – визуализация рукописи;
- А.С. Васильев – создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование;
- В.В. Голубев – методология, администрирование проекта.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 27.02.2024, после рецензирования и доработки 16.05.2024; принята к публикации 17.05.2024

**Author Information**

- Shakhlar M. Babaev**<sup>1</sup>, DSc (Eng), Professor, Head of the Department; babashaxlar@mail.ru
- Nikolay V. Aldoshin**<sup>2</sup>, DSc (Eng), Professor, Chief Research Engineer; naldoshin@yandex.ru
- Akhmed G. Melikov**<sup>3</sup>, DSc (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Engineering and Expertise; melikaxmed61@mail.ru
- Vasiliy L. Andreev**<sup>4</sup>, DSc (Eng), Professor; andreev.vas@mail.ru
- Aleksandr S. Vasiliev**<sup>5</sup>, DSc (Agr), Associate Professor, Head of the Department of Agrobiotechnologies, Processing Industries and Seed Production; vasilevtgsha@mail.ru
- Vyacheslav V. Golubev**<sup>6</sup>, DSc (Eng), Professor, Head of the Department of Technological and Transport Machines and Complexes; slavasddg@mail.ru
- <sup>1,3</sup> Azerbaijan State Agrarian University; Ataturka Ave. 262, Ganja, AZ2000, Azerbaijan
- <sup>2</sup> Federal Scientific Agroengineering Centre VIM; 1st Institutskiy Proezd Str., 5, Moscow, 109428, Russian Federation
- <sup>4</sup> Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics; Oktyabrskaya Str. 22 A, Knyaginino, Nizhny Novgorod Region, 606340, Russian Federation
- <sup>5,6</sup> Tver State Agricultural Academy; Vasilevskogo Str. 7, Sakharovo, Tver, 170904, Russian Federation

**Author Contribution**

- Sh.M. Babaev – research supervision, formal analysis, writing – original draft preparation;
- N.V. Aldoshin – conceptualization, finalizing (revising and editing) of the manuscript;
- A.G. Melikov – methodology, investigation;
- V.L. Andreev – visualization;
- A.S. Vasiliev – finalizing (revising and editing) of the manuscript;
- V.V. Golubev – methodology, project administration.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism

Received 27.02.2024, Revised 16.05.2024, Accepted 17.05.2024