

## Международный открытый форум International open forum

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 631.22.014:636.084.75  
doi: 10.30987/2782-5957-2024-5-70-77

### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КАПЕЛЬНЫХ ПОИЛОК ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПТИЦ

Виктор Ефимович Сaitов<sup>1</sup>, Бахруз Аллахверди оглы Аллахвердиев<sup>2✉</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия

<sup>2</sup> Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджан

<sup>1</sup> vicsait-valita@e-kirov.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5548-8483>

<sup>2</sup> baxelm@mail.ru

#### Аннотация

Проведен анализ проблемы при поении птиц водой. Поставлена цель исследования по выбору конструкции поилки водой сельскохозяйственных птиц при клеточном содержании. В соответствии с этим для разработки современной поилки для птиц, отвечающей санитарно-техническому состоянию помещения для содержания птицы, проведен сравнительный анализ конструкций существующих поилок капельного типа. Разработана поилка капельного типа для птиц при клеточном содержании. Проведенные испытания в хозяйственных условиях на цыплятах-бройлерах показали, что она удовлетворяет физиологическим потребностям птицы в воде, надежна в эксплуатации при снижении затрат на его профилактическое обслуживание. Поилка имеет низкий расход воды при порционной подаче, гигиенична в использовании, улучшает

санитарно-техническое состояние помещения для содержания птиц, увеличивает живую массу бройлеров на 3...5%.

Разработанная поилка для сельскохозяйственных животных по сравнению с ближайшими аналогами имеет простую конструкцию, низкую трудоемкость изготовления, возможность самоочистки от отложения солей на внутренней поверхности приспособления, регулирующего поток воды, повышает надежность в эксплуатации и сокращает потери воды путем ее порционной подачи, улучшает санитарно-техническое состояние помещения для содержания птиц.

**Ключевые слова:** вода, поилка, клетка, отложение, засорение, канал, шарик-толкатель, самоочистление.

#### Ссылка для цитирования:

Сaitов В.Е. Сравнительные оценки перспективных капельных поилок для сельскохозяйственных птиц / В.Е. Сaitов, Б.А. оглы Аллахвердиев // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 5. – С. 70-77. doi: 10.30987/2782-5957-2024-5-70-77.

Original article  
Open Access Article

### COMPARATIVE ESTIMATES OF PROMISING NIPPLE DRINKERS FOR POULTRY

Victor Efimovich Saitov<sup>1</sup>, Bakhruz Allakhveri oglu Allakhverdiev<sup>2✉</sup>

<sup>1</sup> Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

<sup>2</sup> Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan

<sup>1</sup> vicsait-valita@e-kirov.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5548-8483>

<sup>2</sup> baxelm@mail.ru

#### Abstract

The problem of watering poultry with water is analyzed. The aim of the study is to choose the design of a nipple drinker for poultry when they are with cage kept. In accordance with this, in order to develop a

modern nipple drinker for poultry that meets the sanitary and technical requirements of the poultry housing, a comparative analysis of existing nipple drinker designs is carried out. A nipple drinker for poultry of

cage keeping is developed. The tests conducted on broilers show that the nipple drinker meets the physiological needs of poultry in water and is reliable in operation while reducing the cost of its preventive maintenance. The nipple drinker has a low water consumption during batch feeding, is hygienic in use, improves the sanitary condition of the poultry room, increases the live weight of broilers by 3...5 %.

The developed nipple drinker for poultry in comparison with its closest analogues has a simple

*Reference for citing:*

*Saitov VE, Allakhverdiev BA. Comparative estimates of promising nipple drinkers poultry. Transport Engineering. 2024;5:70-77. doi: 10.30987/2782-5957-2024-5-70-77.*

## Введение

Птицеводство считается самым перспективным направлением для бизнеса в сельском хозяйстве. В наше время птицеводство является наиболее динамичной и значимой отраслью сельскохозяйственного производства, обеспечивающей получение высококачественных диетических продуктов – яиц и мяса. Поэтому, для увеличения эффективности предприятия и повышения качества продукта необходимо провести автоматизацию производственных процессов в птичнике. Один из элементов автоматизации является капельная система поения птиц.

На птицефабриках при содержании птиц в клетках капельные поилки для поения домашних птиц в сравнение с чашечными, желобковыми поилками – это современный и автоматизированный способ подачи воды закрытого типа, который помогает контролировать расход воды, а также экономить на труде персонала. Такую систему поения для птиц использует крупнейшие птицефабрики в мире. В настоящее время капельные установки являются наиболее оптимальными, и они широко используются для автопоения птиц.

Надо отметить, что капельные поилки для безотказной и нормальной работы

design, low labor intensity of manufacture, the possibility of self-purification from salt deposits on the inner surface of the device regulating the flow of water, increases reliability in operation and reduces water losses by its portion supply, improves the sanitary condition of the room for keeping poultry.

**Keywords:** water, drinker, cage, sediment, blockage, channel, pusher ball, self-cleaning.

требуют качественную подаваемую воду и оптимальное давление воды в системе в зависимости от возраста птиц. [1]. Вода, которое подается от скважин, из рек, из городского водопроводной сети требует необходимую предварительную очистку. Некачественная вода вызывает отложения и засорения в системе, что ведет к сбою в работе капельных поилок. Последствие этого они перестают пропускать через себя воду, в результате приводит к потерям массы птиц и понижение продуктивности яиц или не полностью закрываются, в результате чего начинается утечка воды, а это в свою очередь означает перерасход воды и ухудшение микроклимата в помещении. Кроме этого из-за потерь воды из поилок влажность помета повышается до 70...75%, а в клетках с проточными поилками – до 80... 85 %, а это создает проблему утилизации помета при клеточном содержании в индустриальном птицеводстве [2, 3].

В зависимости от возраста птицы должно меняться давление воды в системе поения. При высоких давлениях у птицы не хватает сил нажать на клапан капельной поилки (табл. 1).

Таблица

Зависимость оптимальной высоты водяного столба от возраста птицы

Table

*Dependence of the optimal water column height on the poultry age*

Возраст птиц	Оптимальная высота водяного столба, см
1-неделя	10-15
2-3 неделя	20-25
3-4 неделя	25-30
4-6 неделя	30-35

Поэтому для разработки современной поилки для птиц, отвечающей санитарно-техническому состоянию помещения для

содержания птицы, требуется анализ конструкций существующих поилок капельного типа.

### Материалы, модели, эксперименты и методы

Известна ниппельная поилка для птиц, содержащая корпус, в канале которого установлено регулирующее поток воды приспособление, включающее основание с осевым трехступенчатым цилиндрическим каналом, седлом, установленным в ступени большего диаметра, клапаном, снабженным направляющей и головкой, которые взаимодей-

ствуют с толкателем и внутренней поверхностью корпуса. Толкатель выполнен с конической головкой, установленной с опорой на седло, размещенное в промежуточной ступени клапана основания. Корпус может быть выполнен в виде многометровой трубы квадратного сечения, пропущенной через ряд клеток с птицами (рис. 1) [4].



Рис. 1. Общий вид ниппельной поилки для птиц  
*Fig. 1. General view of a nipple drinker for birds*

Поилка для птиц имеет двухклапанную систему штокового типа капельной подачи воды с трехступенчатым цилиндрическим каналом, состоящая из множества сложных элементов. Установка поилки в корпус с каналом для воды производится с помощью резьбового пояса, нарезанного на основании регулирующего поток воды приспособления и корпусе с каналом для воды. Это значительно усложняет конструкцию и установку поилки в корпус с каналом для воды. Для изготовления данной поилки требуется дорогая оснастка, различные приспособления и станки. Поэтому производство данной поилки с экономической стороны является достаточно затратным.

Кроме того, в результате минерализации воды происходит отложение солей на опорной поверхности седел клапана и толкателя, а также на их конических поверхностях. Из-за этого поверхности клапана и толкателя будут неплотно приле-

гать к опорным поверхностям своих седел, обуславливающее не герметичность клапанной системы поилки. Это обстоятельство приводит к постоянному подтеканию воды через поилку. Постоянное подтекание воды из поилки приводит к ухудшению санитарно-технического состояния помещения, где содержатся птицы. В итоге из-за этого у птиц чаще возникают болезни, приводящее к снижению их продуктивности.

Также, не герметичность клапанной системы поилки из-за отложения солей на рабочих поверхностях клапана и толкателя и их седел обуславливает увеличение затрат на ее профилактическое обслуживание и, соответственно, снижает надежность долговременного функционирования поилки.

Известна также поилка для птиц, содержащая корпус с каналом для воды, в котором установлено регулирующее поток воды приспособление, выполненное в виде

металлического шарика и толкателя в виде металлического шарика, размещенных в соответствующих седлах, а регулирующее поток воды приспособление соединено с корпусом и каналом посредством эластич-

ного уплотнительного элемента с выполненным со стороны канала центральным отверстием, имеющим диаметр меньше диаметра металлического шарика приспособления (рис. 2) [5].

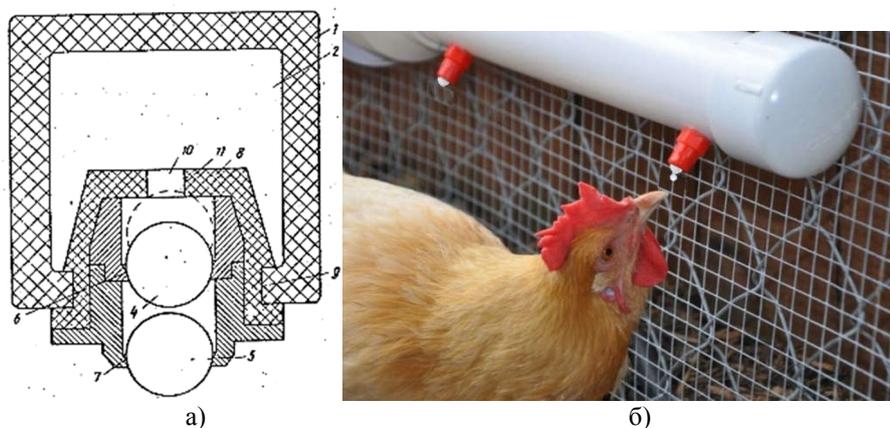


Рис. 2. Схема (а) и общий вид (б) поилки для птиц с двухклапанной системой шарикового типа  
 Fig. 2. Scheme (a) and general view (b) of a bird drinker with a two-valve ball-type system

Данная поилка для птиц имеет простую двухклапанную систему шарикового типа капельной подачи воды, что значительно упрощает ее изготовление и установку в корпус с каналом для воды посредством только эластичного уплотнительного элемента. В связи с этим производство данной поилки менее затратное и с экономической точки зрения более привлекательна инвестору для реализации произведенного изделия птицефабрикам.

Однако, в ряде случаев происходит неполное перекрытие центрального отверстия эластичного уплотнительного элемента при достижении металлическим шариком крайнего верхнего положения за счет перемещения вверх толкателем при ударе на него птицей своим клювом. Это обусловлено смещением шарика от верти-

кального осевого положения вследствие наличия зазора между шариком и стенкой уплотнительного элемента. Также, при выполнении опорных поверхностей седел в месте контакта с металлическим шариком и толкателем конструктивно не соответствующих форме их поверхности и даже незначительными отклонениями от их геометрических параметров происходит не плотное перекрытие выпускного канала, регулирующего поток воды приспособления. Эти обстоятельства вызывают повышенную вероятность утечки воды и, соответственно, значительно увеличивают ухудшение санитарно-технического состояния помещения для содержания птицы, влекущее появление болезней у птиц и снижение из-за этого их продуктивности.

## Результаты

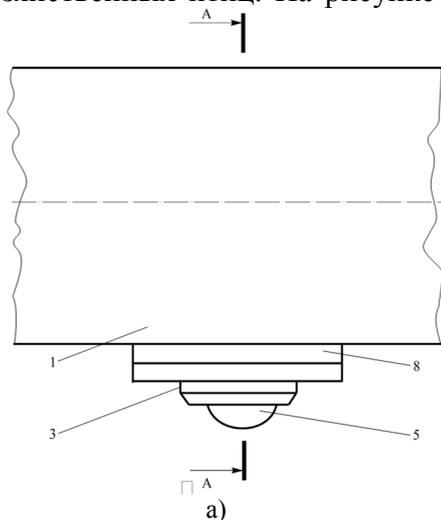
Система клапанного типа с капельной подачей воды для сельскохозяйственных птиц предоставляет свои требования к качеству воды. При поении птиц водой должны соблюдаться санитарно-гигиенические требования к питьевой воде [6].

Использование фильтров для очистки воды перед подачей ее в поильную установку клапанного типа с капельной подачей воды обязательно, так как песок или

взвешенные вещества могут вывести из строя элементы поилки. Если в исходной воде превышены нормы по жесткости или железу, тогда поилки попросту забиваются и перестают пропускать через себя воду [7, 8, 9].

Соответственно, для самоочищения от отложения солей на внутренней поверхности приспособления, регулирующего поток воды, повышение надежности в эксплуатации и сокращение потерь воды путем ее

порционной подачи, улучшение санитарно-технического состояния помещения для содержания птиц разработана усовершенствованная капельная поилка с двухклапанной системой шарикового типа для сельскохозяйственных птиц. На рисунке 3



представлен схематично общий вид капельной поилки для сельскохозяйственных птиц, а на рис. 4 объемное изображение клапанной системы поилки при рабочих режимах [10].

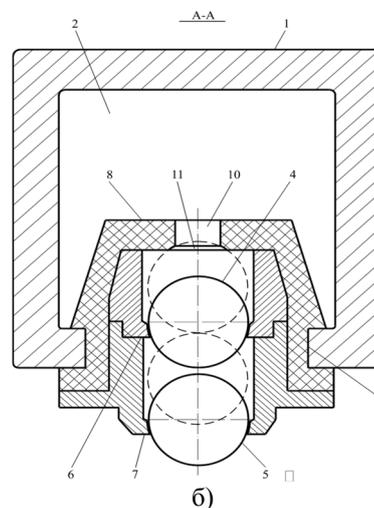


Рис. 3. Схема капельной поилки для сельскохозяйственных птиц, установленная в канале для воды – а) и схема ее конструктивного исполнения – б)

Fig. 3. Scheme of a drip drinker for farm birds installed in a water channel – a) and Scheme of its design – b)

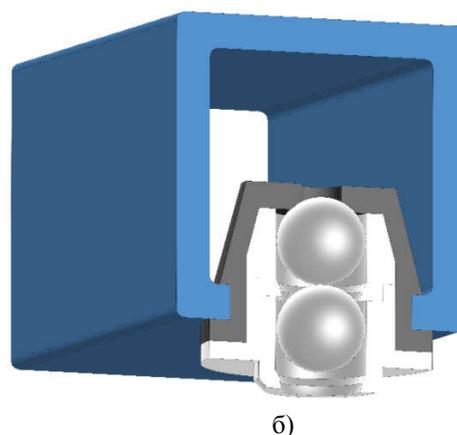
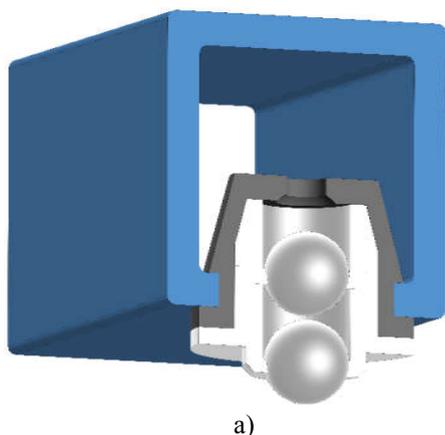


Рис. 4. Объемное изображение клапанной системы поилки в закрытом положении – а) и при перекрытии шариком центрального отверстия эластичного уплотнительного элемента – б)

Fig. 4. Three-dimensional image of the valve system of the drinker in the closed position – a) and when the ball covers the central hole of the elastic sealing element – b)

Капельная поилка для сельскохозяйственных птиц состоит из корпуса 1 с каналом 2 для воды, в котором установлено регулирующее поток воды приспособление 3, выполненное в виде металлического шарика 4 и толкателя 5. Толкатель 5 выполнен также в виде металлического шарика и имеет одинаковый диаметр с шариком 4. Толкатель 5 и шарик 4 размещены в соответствующих седлах 6 и 7. Приспособление 3 соединено с корпусом 1 и каналом 2 посредством эластичного уплотни-

тельного элемента 8. Эластичный уплотнительный элемент 8 выполнен в виде колпачка и плотно насажен на приспособление 3 и снаружи имеет выемку 9, в которую упирается нижний край корпуса 1. Уплотнительный элемент 8 имеет со стороны канала 2 центральное отверстие 10, диаметр которого меньше диаметра металлического шарика 4 приспособления 3. Центральное отверстие 10 эластичного уплотнительного элемента 8 со стороны расположения металлического шарика 4

приспособления 3, регулирующего поток воды, имеет выемку 11, которое соответствует по форме поверхности металлического шарика 4. Опорные поверхности седел 6 и 7 в месте контакта с металлическим шариком 4 и толкателем 5 одинаковых диаметров выполнены в виде сфер с радиусами равными радиусам шарика 4 и толкателя 5 соответственно. Расстояние между шариком 4 и толкателем 5 равно 0,1...0,2 мм. Соотношение 0,1...0,2 мм обеспечивает ограничение перемещения шарика 4, плотное перекрытие им центрального отверстия 10 уплотнительного элемента 8 при полном выдавливании толкателя 5 в результате удара по нему птицей своим клювом для получения определенной ограниченной порции воды.

Наличие у центрального отверстия эластичного уплотнительного элемента со стороны металлического шарика приспособления, регулирующего поток воды, выемки, соответствующее по форме поверхности металлического шарика, обуславливает более плотное перекрытие центрального отверстия металлическим шариком при достижении им крайнего верхнего положения за счет перемещения вверх толкателем при ударе на него птицей своим клювом для получения очередной порции воды для питья. Кроме того, выполнение опорных поверхностей седел в месте контакта с металлическим шариком и толкателем в виде сфер с радиусами равными радиусам шарика и толкателя обуславливает также более плотное перекрытие выпускного канала, регулирующего поток воды приспособления при отсутствии ударов птицей своим клювом по ее толкателю. Эти обстоятельства исключают повышенную вероятность утечки воды и соответственно значительно снижают ухудшение санитарно-технического состояния помещения для содержания птицы, что в конечном итоге возрастает продуктивность птиц из-за отсутствия или уменьшения у них болезней.

Далее, при очередном ударе птицей своим клювом по толкателю с целью получения воды для питья происходит передача вращательного момента на толкатель вследствие выполнения его в виде метал-

лического шарика. При контакте вращающегося толкателя с металлическим шариком приспособления, регулирующего поток воды, вращательный момент передается также на него. В результате вращения металлического шарика и толкателя во время контакта их между собой и с опорными поверхностями своих седел происходит за счет трения самоочищение элементов регулирующего поток воды приспособления от отложений солей из-за минерализации воды. В результате этого постоянно обеспечивается гарантированный эффект капельной подачи воды в клюв птицы и герметичность поилки при отсутствии ударов птицей своим клювом по толкателю, что значительно снижает затраты на ее профилактическое обслуживание и повышает надежность долговременного функционирования поилки.

Кроме того, выполнение у регулирующего поток воды приспособления клапанного механизма в виде металлического шарика и толкателя также в виде металлического шарика одинаковых диаметров обеспечивает простоту конструкции поилки, что обуславливает низкую трудоемкость ее изготовления без применения дорогой и сложной оснастки.

Капельная поилка для сельскохозяйственных птиц работает следующим образом. В исходном положении клапанный механизм регулирующего поток воды приспособления 3, состоящего из шарика 4 и толкателя 5, закрыт за счет собственного веса толкателя 5, плотно прилегающего к опорной сферической поверхности седла 7, и собственного веса шарика 4 и давления водяного столба из канала 2 через центральное отверстие 10 эластичного уплотнительного элемента 8, плотно прилегающего к опорной сферической поверхности седла 6. При этом между шариком 4 и толкателем 5 конструктивно обеспечивается гарантированный зазор не более 0,2 мм, а капля воды висит на нижнем конце сферической поверхности толкателя 5. При ударе птицей своим клювом на толкатель 5 с висящей на нем каплей воды для утоления жажды он отрывается от опорной сферической поверхности седла 7. При перемещении толкателя 5 вверх выбирается зазор

между ним и шариком 4, которого далее отжимает от опорной сферической поверхности седла 6, обеспечивая протекание воды из канала 2 через зазоры клапанного механизма приспособления 3 наружу для питья птицей. При дальнейшем перемещении шарика 4 и толкателя 5 вверх происходит перекрытие центрального отверстия 10 эластичного уплотнительного элемента 8 за счет плотного прижатия шарика 4 к выемке 11 данного отверстия и поступление воды наружу прекращается. В промежутке между ударами птицей своим клювом по толкателю 5 происходит возвращение клапанного механизма приспособления 3, состоящего из шарика 4 и тол-

### Заключение

Таким образом, разработанная поилка для сельскохозяйственных животных по сравнению с ближайшими аналогами имеет простую конструкцию, низкую трудоемкость изготовления, возможность самоочищения от отложения солей на внутрен-

кателя 5, в первоначальное положение с висящей каплей воды на нижнем конце сферической поверхности толкателя 5.

Проведенные испытания в хозяйственных условиях разработанных капельных поилок в количестве 20 штук на цыплятах-бройлерах показали, они удовлетворяют физиологическим потребностям птицы в воде, надежны в эксплуатации за счет снижения затрат на их профилактическое обслуживание, имеют низкий расход воды путем ее порционной подачи, гигиеничны в использовании за счет улучшения санитарно-технического состояния помещения для содержания птиц и увеличивают живую массу бройлеров на 3...5 %.

ней поверхности приспособления, регулирующего поток воды, повышение надежности в эксплуатации и сокращение потерь воды путем ее порционной подачи, улучшение санитарно-технического состояния помещения для содержания птиц.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бессарабов Б.Ф., Могильда Н.П., Крыканов А.А. Технология производства яиц и мяса птицы на промышленной основе // Технология производства и переработки. Санкт-Петербург. 2020. 304 с.
2. Саитов В.Е. Научно-технические разработки для сельскохозяйственного производства. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2018. 280 с.
3. Саитов В.Е., Аллахвердиев Б.А. Совершенствование устройств капельной подачи воды для питья птицам // Научные известия. Серия: Естественные и технические науки. 2023. Т. 23. № 4. С. 77-80. DOI: [https://doi.org/10.54758/16801245\\_2023\\_23\\_4\\_77](https://doi.org/10.54758/16801245_2023_23_4_77).
4. Патент № 2189137 Российская Федерация, МПК А01 К 39/02. Поилка для птиц / Савельев В.А., Степанов В.Н.; заявитель и патентообладатель Савельев Владимир Алексеевич, Степанов Василий Николаевич. – № 2001108177/13; заявл. 26.03.2001; опубл. 20.09.2002, Бюл. № 26.
5. А.с. № 1734611 СССР, МПК А01 К 39/02. Поилка для птиц / Аллахвердиев Б.А., Рассомахин Г.К., Мкртумян В.С.; заявитель и патентообладатель Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – № 4838542/15; заявл. 12.06.1990; опубл. 23.05.1992, Бюл. № 19.
6. Саитов В.Е., Котюков А.Б. Санитарно-гигиенические требования к питьевой воде для животноводческих ферм // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. - № 6 (часть 5). С. 830-833.
7. Саитов В.Е., Котюков А.Б., Савиных П.А. Совершенствование устройств очистки воды в животноводческих фермах: Монография. - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. - 176 с.
8. Саитов В.Е., Котюков А.Б. Способы модернизации технических средств очистки воды в животноводческих комплексах // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 4. С. 49-55.
9. Саитов В.Е., Котюков А.Б., Саитов А.В. Совершенствование устройств очистки воды в животноводческих комплексах // Современные проблемы науки и образования. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2020. Том XVIII. С. 69-70.
10. Пат. 222699 Российская Федерация, МПК А01К 39/02, А01К 39/022. Капельная поилка для сельскохозяйственных птиц / Саитов В.Е., Аллахвердиев Б.А.; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный агротехнологический университет». – № 2023128883; заявл. 07.11.2023; опубл. 17.01.2024, Бюл. № 2.

## REFERENCES

1. Bessarabov BF, Mogilda NP, Krykanov AA. Technology of industrial production of eggs and poultry meat. Technology of production and processing. St. Petersburg; 2020.
2. Saitov VE. Scientific and technical developments for agricultural production. Kirov: Kirov Regional Printing Company; 2018.
3. Saitov VE, Allakhverdiev BA. Improvement of drip water supply devices for watering poultry. Nauchnie Novosti: Natural and Technical Sciences. 2023;23(4):77-80. DOI: [https://doi.org/10.54758/16801245\\_2023\\_23\\_4\\_77](https://doi.org/10.54758/16801245_2023_23_4_77).
4. Savelyev VA, Stepanov VN. RF Patent No. 2189137. МПК А01 К 39/02. Drinker for poultry. 2002 Sept 20.
5. Allakhverdiev BA, Rassomakhin GK, Mkrumyan VS. USSR Patent No. 1734611. 1992 May 23.
6. Saitov V.E., Kotyukov A.B. Sanitary and hygienic requirements for drinking water for livestock farms // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. - No. 6 (part 5). pp. 830-833.
7. Saitov VE, Kotyukov AB, Savinykh PA. Improvement of water purification devices in livestock farms: monograph. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing; 2018.
8. Saitov VE, Kotyukov AB. Methods to modernize technical means of water purification in livestock complexes. Modern High Technologies. 2017;4:49-55.
9. Saitov VE, Kotyukov AB, Saitov AV. Improvement of water purification devices in livestock complexes. Modern problems of science and education. Moscow: Publishing House of the Academy of Natural Sciences; 2020.
10. Saitov VE, Allakhverdiev BA. RF Patent No. 222699. МПК А01К 39/02, А01К 39/022. Nipple drinker for poultry. 2024 Jan 17.

### Информация об авторах:

**Сантов Виктор Ефимович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт машинно-тракторного парка» Вятского государственного агротехнологического университета, заслуженный изобретатель Российской Федерации, академик Российской академии естественных наук (РАЕН), тел. +79123320494, Researcher-ID: B-

**Saitov Viktor Efimovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Operation and Repair of Machine-and-tractor Fleet at Vyatka State Agrotechnological University, Honored Inventor of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences (RAE), phone: +79123320494; Researcher-ID: B-6098-2019, OR-

6098-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5548-8483>, Author-ID-РИНЦ: 427624.

**Аллахвердиев Бахруз Аллахвери оглы** – старший преподаватель кафедры «Механика и транспортные технологии» Сумагаитского государственного университета, тел. +79137769735.

CID: <https://orcid.org/0000-0002-5548-8483>, Author-ID-RSCI: 427624.

**Allakhverdiyev Bahruz Allakhveri oglu** – Senior lecturer at the Department of Mechanics and Transport Technologies of Sumgait State University; phone: +79137769735.

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья опубликована в режиме Open Access.**

**Article published in Open Access mode.**

Статья поступила в редакцию 18.03.2024; одобрена после рецензирования 19.03.2024; принята к публикации 26.04.2024. Рецензент – Петрешин Д.И., доктор технических наук, директор учебно-научного технологического института Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 18.03.2024; approved after review on 19.03.2024; accepted for publication on 26.04.2024. The reviewer is Petreshin D.I., Doctor of Technical Sciences at Bryansk State Technical University, Director of the Educational and Scientific Technological Institute of Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.