

Научная статья
УДК 544.6.018:628.164

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ АДАПТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЁМКОСТИ ДЛЯ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

¹Степан Иванович Козлов, ¹Константин Леонидович Пузевич,

²Василий Михайлович Кузюр, ²Сергей Иванович Будко

¹УО Белорусская сельскохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь

²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В сельском хозяйстве возрастающий интерес представляют технологии, обеспечивающие повышение эффективности использования воды и рабочих растворов при одновременном снижении экологической нагрузки. Одним из таких направлений является магнитная обработка воды, способная изменять её физико-химические свойства без применения химических реагентов. Целью настоящей работы является анализ существующих технических средств магнитной обработки воды, выявление их конструктивных и эксплуатационных недостатков, а также разработка адаптивной технологической ёмкости, обеспечивающей стабильность процесса омагничивания при изменении расхода жидкости. В работе использован экспериментально-теоретический метод исследования. Экспериментальная часть включала сравнительную оценку воздействия различных типов постоянных магнитов на электропроводность воды. Установлено, что неодимовые магниты обеспечивают более выраженное и стабильное изменение удельной электрической проводимости по сравнению с магнитами других типов. Использовать омагниченную воду можно не только в растениеводстве для полива растений, что влияет не только на показатели их роста, но и в животноводстве для поения скота, что благоприятно скажется на состоянии здоровья животных и их продуктивности. На основе проведённого анализа предложена конструкция технологической ёмкости для магнитной обработки воды, в которой реализован адаптивный принцип регулирования интенсивности магнитного воздействия в зависимости от расхода жидкости. Разработанное устройство может быть использовано при приготовлении рабочих растворов пестицидов, жидких минеральных удобрений и в системах орошения сельскохозяйственных культур. Данное направление исследований представляет значительный практический интерес для сельского хозяйства, как одного из потенциальных элементов ресурсосберегающих агротехнологий.

Ключевые слова: магниты, омагничивание воды, резервуар, электропроводность, магнитные технологии.

Для цитирования: Разработка конструкции адаптивной технологической ёмкости для магнитной обработки воды / С.И. Козлов, К.Л. Пузевич, В.М. Кузюр, С.И. Будко // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 4 (116). С. 74-79.

Original article

DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE TECHNOLOGICAL CAPACITY FOR MAGNETIC WATER TREATMENT

¹Stepan I. Kozlov, ¹Konstantin L. Puzevich, ²Vasiliy M. Kuzur, ²Sergei I. Budko

¹Belarusian Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

²Bryansk State Agricultural University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. In agriculture, there is growing interest in technologies that enhance the efficiency of water and solution usage while simultaneously reducing environmental impact. One such approach is magnetic water treatment, which can modify the water's physical and chemical properties without adding chemical agents. The aim of this work is to analyze existing technical means for magnetic water treatment, identify their design and operational drawbacks, and develop an adaptive technological capacity that ensures the stability of the magnetization process under varying fluid flow rates. This study utilized an experimental and theoretical research method. The experimental portion included a comparative assessment of the effects of various types of permanent magnets on water conductivity. It was found that neodymium magnets provide a more pronounced and stable change in specific electrical conductivity compared to magnets of other types. The magnetized water can be used not only in crop production for irrigation, which affects not only their growth, but also in livestock farming for watering livestock, which has a beneficial effect on animal health and productivity. Based on the analysis, a design for a process tank for magnetic water treatment was proposed, which implements an adaptive principle for regulating the intensity of magnetic action depending on the flow rate of the liquid. The developed device can be used in the preparation of working solutions of pesti-

cides, liquid mineral fertilizers, and in irrigation systems for agricultural crops. This line of research is of significant practical interest for agriculture, as one of the potential elements of resource-saving agricultural technologies.

Keywords: magnets, water magnetization, reservoir, electrical conductivity, magnetic technologies.

For citation. Development of an adaptive technological capacity for magnetic water treatment / S.I. Kozlov, K.L. Puzevich, V.M. Kuzyur et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. № 4 (116). pp. 74-79.

Введение. Постановка задачи. Магнитная обработка воды рассматривается как перспективный физический метод воздействия, способный изменять её физико-химические характеристики, включая электропроводность, жёсткость и склонность к солеотложению. Результаты экспериментальных исследований, представленные в работах [1–4], показывают, что воздействие магнитного поля может приводить, в частности, к снижению жёсткости воды на 5–15 %, изменению удельной электрической проводимости на 3–10 % и уменьшению интенсивности образования солевых отложений в трубопроводах.

В сельскохозяйственной практике магнитная обработка воды применяется преимущественно при подготовке рабочих растворов пестицидов, жидких минеральных удобрений, а также в системах орошения. При этом в настоящее время используются, главным образом, устройства с фиксированным режимом магнитного воздействия, не учитывающим изменение расхода жидкости и гидродинамических параметров потока.

Анализ существующих конструкций показывает, что большинство из них характеризуются следующими недостатками:

- постоянство режима омагничивания независимо от расхода жидкости;
- ограниченные возможности регулирования интенсивности магнитного воздействия;
- конструктивная сложность и повышенные эксплуатационные затраты;
- недостаточная эффективность использования магнитного поля при изменении условий работы.

Целью настоящей работы является анализ существующих устройств магнитной обработки воды и разработка адаптивной технологической ёмкости, обеспечивающей автоматическую коррекцию интенсивности магнитного воздействия в зависимости от расхода обрабатываемой жидкости.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- анализ конструкций и принципов работы существующих устройств магнитной обработки воды;
- экспериментальная оценка влияния различных типов постоянных магнитов на электропроводность воды;
- разработка конструкции адаптивной технологической ёмкости для магнитной обработки жидкости.

Методика эксперимента.

Экспериментальные исследования проводились с целью оценки влияния магнитной обработки на электропроводность воды как одного из индикаторов изменения её физико-химических свойств.

Измерение удельной электрической проводимости воды осуществлялось с использованием кондуктометра МАРК-603 (ТУ 4215-026-39232169-2005), позволяющего определять удельную электрическую проводимость, массовую концентрацию NaCl и температуру воды (рис. 1).



Рисунок 1 - Оборудование при измерении параметров омагничивания воды с использованием кондуктометра МАРК-603

В рамках эксперимента проводилось сравнение двух типов постоянных магнитов:

- ферритового магнита;
- неодимового магнита.

Сравнение осуществлялось по критерию изменения удельной электрической проводимости воды до и после магнитной обработки при одинаковых условиях эксперимента (объём воды, температура, время воздействия).

Результаты измерений носили сравнительный характер и использовались для обоснования выбора типа магнита при разработке конструкции технологической ёмкости.

Рассматриваемое смесительное устройство относится к области сельскохозяйственного машиностроения, обеспечивает смешивание рабочих растворов пестицидов и жидких минеральных удобрений до однородного состояния. Применяется в ёмкостях опрыскивателей и заправочных станций. В отличие от известных технических решений [5], в предлагаемой конструкции реализован гидродинамический принцип перемешивания. Устройство включает в себя соосно расположенные элементы: стационарный гидравлический жиклер, установленный внутри резервуара, и противостоящую ему вращающуюся лопастную крыльчатку. В каждую лопасть крыльчатки встроены кольцевые постоянные магниты со сквозным осевым отверстием, полярность которых чередуется от лопасти к лопасти.

В отличие от известных аналогов (рис. 2), в представленной конструкции мешалка опрыскивателя выполнена в виде гидравлического жиклера, установленного внутри резервуара, и соосно расположенного напротив него вращающегося лопастного крыльчатки. При этом в лопастях крыльчатки размещены кольцевые постоянные магниты со сквозными осевыми отверстиями, установленные на смежных лопастях со встречной ориентацией полюсов.

Механизм перемешивания (мешалка) расположен внутри резервуара 1 (рис. 2) опрыскивателя, который состоит из заливной 2 и заборной 3 горловины.

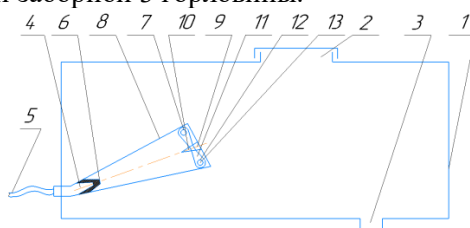


Рисунок 2 - Схема установки мешалки в резервуаре опрыскивателя: 1 – резервуар опрыскивателя; 2 – заливная горловина; 3 – заборная горловина; 4 – гидравлический жиклер; 5 – рукав; 6 – выходное сопло жиклера; 7 – лопастная крыльчатка; 8 – прутковый каркас; 9 – обойма с осью

В нижней части передней торцевой стенки резервуара опрыскивателя 1 установлен гидравлический жиклер 4. Рабочая жидкость подается к нему под давлением, создаваемым насосом, по напорной магистрали через рукав 5. Сопло 6 этого жиклера направлено по диагонали относительно продольной оси резервуара, непосредственно в зоне воздействия создаваемой реактивной струи находится лопастная крыльчатка 7, которая закреплена на корпусе гидравлического жиклера 4 с помощью пруткового каркаса 8. Разработанная лопастная крыльчатка 7 включает обойму с осью 9, на этой оси шарнирно закреплена подвижная цилиндрическая часть 10, с лопастями 11.

Лопасты 11 пропеллерного типа оснащены встроенными кольцевыми постоянными магнитами 12 со сквозными отверстиями 13. При этом магниты на соседних лопастях установлены с чередованием полярности их полюсов (N - северный и S - южный).

Постоянное перемешивание рабочей жидкости внутри резервуара 1 предотвращает ее расслоение и поддерживает однородное состояние. Рабочая жидкость подается под давлением от системы нагнетания опрыскивателя через рукав 5. Образующаяся струя направляется по диагонали резервуара 1 и на пути встречается с лопастным крылом 7, который получает вращательное движение за счет пропеллерной формы лопастей 11. Вращательное движение лопастного крыла 7 обеспечивается за счет шарнирной установки на оси обоймы 9. При этом часть жидкости распределяется по емкости резервуара 1 и активно перемешивается, а часть проходит через сквозные отверстия 13. За счет чередования полярности полюсов при вращении лопастного крыла 7 усиливается эффект магнитного воздействия на попадающую в зону воздействия рабочую жидкость. При этом за счет постоянного пересечения потока жидкости через силовые линии магнитных полей от кольцевых постоянных магнитов 12 обеспечивается омагничивание рабочей жидкости с достижением требуемого эффекта повышения ее биологической активности.

Внесение рабочих растворов пестицидов и жидких минеральных удобрений гомогенного состава со свойствами структурных изменений в результате активного омагничивания позволяет снизить дозировки активного вещества пестицидов и удобрений с достижением требуемого агротехнического эффекта. Создаются условия для повышения экологической безопасности получаемой сельскохозяйственной продукции.

Предлагаемое устройство относится к классу оборудования для магнитной обработки (омагничивания) водных растворов сельскохозяйственного назначения с целью повышения их биологической активности.

В существующих конструкциях для магнитной обработки веществ используется минимум два постоянных магнита [6,7] однако данные решения не обеспечивают эффективного применения разнополярных магнитных воздействий, а наличие гофрированных элементов повышают технологическую сложность изготовления и эксплуатационные затраты.

С целью устранения выявленных недостатков разработано устройство для магнитной обработки жидкости, схема которого представлена на рисунке 3.

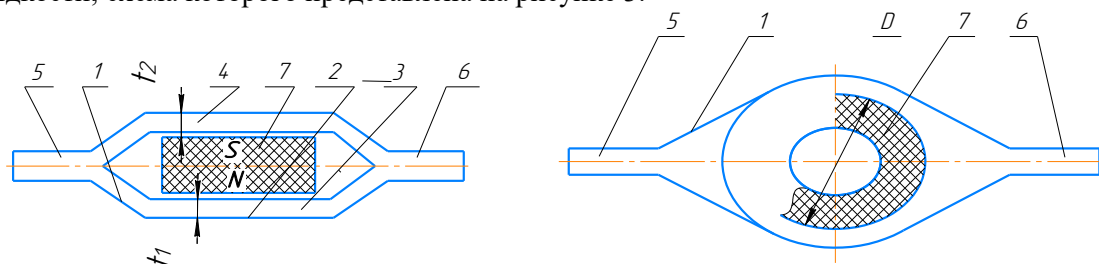


Рисунок 3 - Устройство для магнитной обработки жидкости: 1 – корпус; 2 – центральная часть корпуса; 3 и 4 – цилиндрические полости; 5 – входной штуцер; 6 – выходной штуцер; 7 – постоянный кольцевой магнит

Ключевой конструктивной особенностью устройства является камера магнитной обработки, выполненная в виде двух соосных цилиндрических полостей различной ширины ($t_1 > t_2$), между которыми размещён кольцевой постоянный магнит. Различие ширины полостей обеспечивает неодинаковую скорость потока и различное время воздействия магнитного поля на обрабатываемую жидкость.

Ось кольцевого магнита ориентирована вдоль направления движения жидкости. Установка магнита возможна в двух вариантах:

- северным полюсом (N) в сторону полости большей ширины;
- северным полюсом (N) в сторону полости меньшей ширины.

Выбор варианта установки магнита осуществляется в зависимости от требуемой интенсивности магнитного воздействия и режима обработки жидкости.

В отличие от существующих конструкций, в которых используется несколько магнитов без возможности гибкой регулировки, в предлагаемом устройстве достигается дифференцированная обработка потоков за счёт геометрии камеры и ориентации магнитного поля.

Устройство для магнитной обработки жидкости содержит корпус 1, изготовленный из немагнитного химически стойкого материала (например, полимера) методом литья или аддитивными технологиями (3D-печать). Корпус 1 содержит центральную секцию 2, которая образована двумя соосными цилиндрическими полостями 3 и 4, различной ширины ($t_1 > t_2$). Указанные полости формируют камеру магнитной обработки с общим внешним диаметром D . Корпус 1 также оснащен входным 5 и выходным 6 штуцерами для подключения напорного и отводящего рукавов, обеспечивающих циркуляцию обрабатываемой жидкости. В зоне соединения цилиндрических полостей 3 и 4 размещен кольцевой постоянный магнит 7. Ось магнита совпадает с вектором потока жидкости от входного штуцера 5 к выходному штуцеру 6. Крепление магнита в рабочем положении обеспечивается эластичной кольцевой манжетой или стяжной лентой (на рисунке не показана). Северный полюс магнита (N) ориентирован по направлению полости 3 большей ширины t_1 , а противоположный, южный полюс (S) – по направлению полости 4 меньшей ширины t_2 .

Устройство работает по принципу магнитной обработки жидкости. Рабочая жидкость подается через входной штуцер 5 последовательно в коаксиальные цилиндрические полости 3 и 4. Основная часть потока следует через полость 3. Установленный в зоне стыка полостей кольцевой постоянный магнит 7 генерирует магнитное поле, которое воздействует на молекулярную (физическую) структуру жидкости, протекающей через обе полости. В частности, в полости 3, находящейся в зоне действия северного полюса (N), происходит изменение физико-химических свойств жидкости, характерное для магнитной обработки в поле положительной полярности. Одновременно поток жидкости, поступающий в цилиндрическую полость 4, подвергается воздействию южного полюса (S) магнита 7, что придает обрабатываемой среде иной комплекс характеристик. В дальнейшем два дифференцированно обработанных потока объединяются, после чего готовая рабочая среда отводится через выходной штуцер 6 для последующего применения в агротехнологических операциях, таких как полив, внекорневая подкормка или обработка посевов.

Возможным является вариант работы устройства, когда постоянный кольцевой магнит 7 установлен полюсом N в сторону цилиндрической полости 4 и данному виду омагничивания подвергается меньший объем жидкости, а полюс S воздействует на более значительный объем жидкости в ци-

линдрической полости 3. Выбор варианта установки постоянного кольцевого магнита 7 осуществляется перед началом работы в зависимости от цели обработки и вида жидкости.

Применение предварительной магнитной обработки рабочей жидкости способствует увеличению её биологической активности. Обработанная подобным образом среда оказывает стимулирующее воздействие на рост растений, а также проявляет синергетический эффект, повышая эффективность усвоения минеральных удобрений. Предлагаемое устройство предназначено для интеграции в системы капельного орошения защищенного грунта. Может быть установлено в разрыв трубопровода, обеспечивающего подачу воды или рабочих растворов для полива.

Результаты эксперимента. Анализ эксперимента. В разработанной емкости для омагничивания жидкости (рис. 4) имеется резервуар 1 с горловинами 2 и 3. В отверстии 4 размещена лопастная крыльчатка 5, которая установлена на шарнирной оси 6, прикрепленной опорами 7 к корпусу нижней выпускной горловины 3. На верхней части шарнирной оси 6 закреплено телескопическое устройство с трубой 8 и подвижными кронштейнами 9 и 10, связанными между собой пружиной 11. Пружина 11 находится внутри трубы 8 и в средней части фиксатором 12 скреплена с ней. На свободных концах кронштейнов 9 и 10 установлены постоянные кольцевые магниты 13 и 14. При изготовлении устройства используются некорродируемые или пластиковые материалы.

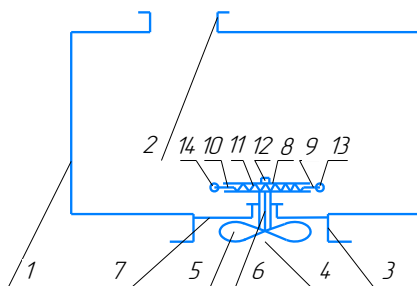


Рисунок 4 - Ёмкость для омагничивания жидкости 1 – резервуар; 2 – заливная горловина; 3 – выпускная горловина; 4 – нижнее отверстие; 5 – лопастная крыльчатка; 6 – шарнирная ось; 7 – опоры; 8 – телескопическое устройство с трубой; 9 и 10 – подвижные кронштейны; 11 – пружина; 12 – фиксатор; 13, 14 – постоянные кольцевые магниты

При подготовке к работе жидкость подается через верхнюю заливную горловину 2 в резервуар 1 и заполняет емкость. В ходе рабочего процесса омагничивания жидкость вытекает через нижнюю выпускную горловину 3 и вращает лопастную крыльчатку 5. Круговое движение передается шарнирной осью 6 на кронштейны 9 и 10 с постоянными кольцевыми магнитами 13 и 14, которые за счет вращения проводят активное омагничивающее воздействие на проходящую жидкость. При увеличении расхода жидкости увеличивается частота вращения лопастной крыльчатки 5 и всех связанных с ней подвижных деталей, включая постоянные кольцевые магниты 13 и 14. За счет пружины 11 подвижные кронштейны 9 и 10 раздвигаются и постоянные кольцевые магниты 13 и 14 движутся по траекториям с увеличенным радиусом, взаимодействуя с большим объемом проходящей жидкости. С уменьшением расхода жидкости частота вращения подвижных частей устройства замедляется и сопровождается снижением степени омагничивающего действия на жидкость. Степень реагирования заранее задается установкой пружины 11 необходимой жесткости.

Результаты экспериментальных измерений показали, что применение неодимового магнита приводит к более выраженному изменению удельной электрической проводимости воды по сравнению с ферритовым магнитом при одинаковых условиях воздействия. Это обусловлено большей магнитной индукцией неодимовых магнитов и стабильностью их магнитных характеристик. Полученные результаты использованы для обоснования выбора неодимового магнита в конструкции разрабатываемой технологической ёмкости.

Применение разработанной конструкции позволяет автоматически поддерживать стабильность процесса с необходимой степенью омагничивания подаваемой жидкости.

Выводы. Выполнен анализ существующих устройств магнитной обработки воды, применяемых в сельскохозяйственной практике, выявлены их основные конструктивные и эксплуатационные недостатки. Установлено, что большинство известных устройств не обеспечивают адаптацию режима магнитного воздействия к изменению расхода жидкости. Экспериментально показано, что неодимовые магниты обеспечивают более эффективное изменение электропроводности воды по сравнению с ферритовыми магнитами. Разработана конструкция адаптивной технологической ёмкости для магнитной обработки воды, обеспечивающая автоматическую коррекцию интенсивности магнитного воздействия. Предлагаемое устройство может быть использовано при приготовлении рабочих рас-

творов пестицидов, жидких минеральных удобрений и в системах орошения сельскохозяйственных культур.

Список источников

1. Ключков А.В., Соломко О.Б. Активизация магнитного воздействия на воду при перемешивании // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 154-159.
2. Мехтиев А.Д., Герасименко Т.С., Сарсикеев Е.Ж. Результаты исследования изменения жесткости воды после ее магнитной обработки // Bulletin of Toraighyrov University. Energetics series. 2023. № 1. Р. 231-241.
3. Томилин А.К., Беспалов В.И., Беспалов В.В. Технология магнитной обработки воды против солеотложения: теория и практика // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 1. С. 54-63.
4. Очистка водных сред от примесей оксидов железа методом высокоградиентной магнитной фильтрации (обзор) / Б.А. Гусев, А.А. Ефимов, Л.Н. Москвин, В.В. Панчук // Теплоэнергетика. 2023. № 4. С. 33-44.
5. Медведева О.Н., Сауткина Т.Н. Сравнение омагничивающей способности устройств для магнитной обработки воды // Региональная архитектура и строительство. 2025. № 2 (63). С. 159-166.
6. Устройство подготовки воды для орошения сельскохозяйственных культур: пат. 218482 U1 Рос. Федерация: МПК C02F 1/48 / Чижилова К.О., Почеевский В.Н., Артемов Н.А.; - № 2023104174; заявл. 22.02.2023; опубл. 29.05.2023 EDN BTTXKI.
7. Studying the Effect of Water Magnetic Treatment to Reduce Scale Formation / A. Mekhtiyev, T. Gerassimenko, Ye. Sarsikayev, R. Mekhtiyev // Труды университета. 2024. № 3 (96). Р. 409-414. DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_409.
8. Мешалка опрыскивателя: пат. 12653 Республики Беларусь: МПК А 01М 7/00, А 01С 23/00, А 01 F 7/16, заявл. 25.03.2021; опубл. 30.08.2021.

Информация об авторах.

С.И. Козлов - кандидат технических наук, доцент, УО «Белорусская сельскохозяйственная академия», email: Stepan-61@mail.ru

К.Л. Пузевич - кандидат технических наук, доцент, УО «Белорусская сельскохозяйственная академия», email: k.puzevich@mail.ru

В.М. Кузюр - кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

С.И. Будко - кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors.

S.I. Kozlov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Belarusian Agricultural Academy. email: Stepan-61@mail.ru

K.L. Puzevich - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Belarusian Agricultural Academy. email: k.puzevich@mail.ru

V.M. Kuziur - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at Bryansk State Agrarian University.

S.I. Budko - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 19.04.2026; одобрена после рецензирования 15.05.2026, принята к публикации 15.06.2026.

The article was submitted 19.04.2026; approved after reviewing 15.05.2026; accepted for publication 15.06.2026.

© Козлов С.И., Пузевич К.Л., Кузюр В.М., Будко С.И.