

Оригинальная статья

УДК 631.67:633.2/.3:631.674.1.033.3

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-23-31>

## ДОПУСТИМЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БШДУ BAUER «RAINSTAR T-61» ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ BAUER «RAINSTAR T-61»

Д.В. Яланский<sup>1✉</sup>, И.А. Левшунов<sup>2</sup>, Ю.А. Мажайский<sup>3</sup>, М.И. Голубенко<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; г. Горки, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова; Мещерский филиал, г. Рязань, Российская Федерация

<sup>3</sup>ООО «Мещерский научно-технический центр»; г. Рязань, Российская Федерация

<sup>1</sup>dimka-045@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7808-8204

<sup>2</sup>cdtnkfyeirf@yandex.ru, ORCID: 0009-0003-3384-8059

<sup>3</sup>director@mntc.pro, ORCID: 0000-0002-0743-8289

<sup>4</sup>golubenko-mihail@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8543-4448

**Аннотация.** Цель исследований – оценка возможности непрерывной технологии орошения дождеванием при применении БШДУ Bauer «Rainstar T-61» и определение равномерного полива установленными дождевателями заводской конструкции без образования поверхностного стока. В статье приведены основные исследования на объекте «Тушково-1», расположенном в Могилевской области Беларуси. Был выбран способ деления поливной нормы по тактам влияния поливных норм и интенсивности дождя на объемы поверхностного стока. Разработана и внедрена конструкция дождевального аппарата, работающего по принципу реактивной крыльчатки. Новое техническое решение позволило адаптировать дождевальный аппарат к конкретным почвенно-мелиоративным условиям. При использовании непрерывной технологии орошения дождеванием БШДУ Bauer «Rainstar T-61» получены эрозионно-допустимые поливные нормы в вариантах 70 и 80% от НВ, равные 17,8 и 15,6 мм. При этом время их выдачи до появления поверхностного стока составило 68 и 60 мин соответственно. За годы наблюдений плотность сложения почвы изменилась в диапазоне от 1,40 до 1,50 г/см<sup>3</sup>, что в свою очередь привело к снижению впитывающей способности в диапазоне от 0,24 до 0,20 мм/мин. Разработано новое техническое решение дождевателя с учетом специфики геоморфологического и почвенного районирования данного объекта. Аппараты новой конструкции позволили достичь значительно лучшей скорости впитывания воды почвой – от 0,24 до 0,20 мм/мин. Сделаны выводы об эффективности и целесообразности применения установки дождевателей на поливном агрегате БШДУ Bauer «Rainstar T-61».

**Ключевые слова:** интенсивность дождя, технологические параметры дождя, дождевальный аппарат, впитывающая способность, реактивная крыльчатка

**Формат цитирования:** Яланский Д.В., Мажайский Ю.А., Голубенко М.И. Допустимые технологические параметры искусственного дождя с использованием БШДУ Bauer «Rainstar T-61» при орошении дождеванием многолетних трав. Природообустройство. 2026;Т.19(4):23-31. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-23-31>

Original article

## ACCEPTABLE TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF ARTIFICIAL RAIN USING THE BAUER “RAINSTAR T-61” AIR CONDITIONER DURING SPRINKLER IRRIGATION

D.V. Yalansky<sup>1✉</sup>, I.A. Levshunov<sup>2</sup>, Y.A. Mazhaysky<sup>3</sup>, M.I. Golubenko<sup>4</sup><sup>1,2</sup> Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus<sup>3</sup> FSBSI “VNIIGIM named after A.N. Kostyakov, Meshchersky branch, Ryazan, Russian Federation<sup>4</sup> Meshchersky Scientific and Technical Center, Ryazan, Russian Federation<sup>1</sup> dimka-045@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7808-8204<sup>2</sup> cdtmkfyeirf@yandex.ru ORCID: 0009-0003-3384-<sup>3</sup> director@mmtc.pro, ORCID: 0000-0002-0743-8289<sup>4</sup> golubenko-mihail@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8543-4448

**Abstract.** The objective of this study was to evaluate the feasibility of continuous sprinkler irrigation using the Bauer Rainstar T-61 continuous irrigation system and to determine uniform watering using factory-installed sprinklers without generating surface runoff. This article presents the main research findings at the Tushkovo-1 site in the Mogilev region of Belarus. A method for dividing the irrigation rate into cycles was selected, as well as the impact of irrigation rates and rainfall intensity on surface runoff volumes. A sprinkler system operating on the principle of a reactive impeller was developed and implemented. This new technical solution allowed the sprinkler system to be adapted to specific soil and drainage conditions. When implementing continuous sprinkler irrigation technology with the Bauer Rainstar T-61 BSHU, erosion-permissible irrigation rates of 17.8 and 15.6 mm were achieved in the 70 and 80% of the maximum permissible water level (MPW) scenarios, with application times of 68 and 60 minutes, respectively, before surface runoff. Over the years of observation, soil bulk density changed from 1.40 to 1.50 g/cm<sup>3</sup>, which in turn led to a decrease in absorption capacity from 0.24 to 0.20 mm/min. A new sprinkler design was developed, taking into account the specific geomorphological and soil zoning of this site. The newly designed sprinklers significantly improved the water absorption rate by the soil, from 0.24 to 0.20 mm/min. Conclusions were drawn regarding the effectiveness and feasibility of installing sprinklers on the Bauer Rainstar T-61 BSHU irrigation unit.

**Keywords:** rainfall intensity, sprinkler technology, sprinkler system, absorption capacity, jet impeller

**For of citation:** Yalansky D.V., Mazhaisky Yu.A., Golubenko M.I. Acceptable technological parameters of artificial rain using the Bauer “Rainstar T-61” air conditioner during sprinkler irrigation. *Prirodoobustroystvo*. 2026;19(4):23-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-4-23-31>

**Введение.** На сегодняшний день около 60% мировых сельскохозяйственных угодий требуют орошения. Такая практика орошения распространена более чем в 100 странах мира. Несмотря на то, что орошаемые территории занимают свыше 300 млн га, составляя лишь 14% от общей площади пахотных земель, они обеспечивают до 40% глобального объема сельскохозяйственного производства [1].

Статистические данные на конец 2025 г. свидетельствуют о том, что в Республике Беларусь общая площадь мелиорированных земель достигла 3275,0 тыс. га. Из них 3249,2 тыс. га приходится на осушенные, 25,8 тыс. га – на орошаемые земли. В разрезе осушенных земель пахотные земли занимают 1509,4 тыс. га, а луговые – 1287,6 тыс. га. Орошаемые земли представлены 20,3 тыс. га пахотных и 4,8 тыс. га луговых угодий [2].

Значительная часть осушенных сенокосов в России, а это 323 тыс. га, демонстрирует высокую степень улучшения: 69%, или 222 тыс. га, было подвергнуто коренной модернизации. Аналогично среди 200 тыс. га осушенных пастбищ 61%, или 123 тыс. га, представляют собой культурные или улучшенные угодья. Территории, оборудованные осушительно-увлажнительными системами, занимают 19% от общего объема осушенных земель в регионе, что соответствует площади в 17,1 тыс. га. Значительная часть сельскохозяйственных земель – 27%, или 189 тыс. га, – отдана под орошаемые сенокосы и пастбища и обеспечивает кормовую базу.

Объем годовых осадков в Европейской части России составляет примерно 600-650 мм – с заметным снижением этого показателя по мере продвижения на восток. Основная часть влаги наблюдается в летний (40-50%) и осенний (20-25%)

периоды. Средний уровень испарения – около 200 мм, однако на восточных территориях может варьироваться от 713 до 300 мм [3, 4].

В ходе исследований, проведенных в Беларуси и в Нечерноземной зоне России, установлено, что орошение пастбищ с многолетними травами повышает урожайность кормовых единиц на 10-25 ц с 1 га. Такой прирост составляет 20-70% от исходного урожая. Это означает, что каждый кубометр поливной воды позволяет получить 1-2 кормовые единицы. Однако орошение экономически целесообразно лишь для пастбищ с урожайностью от 4 до 6 тыс. кормовых единиц на 1 га. В таких условиях наиболее эффективными считаются мобильные и полустационарные дождевальные установки.

Среди наиболее эффективных методов полива сенокосных и пастбищных угодий доминирующим является дождевание. Для орошения пастбищных травостоев могут применяться различные модели и типы дождевальных машин и установок. Их ключевыми преимуществами являются мобильность, высокая производительность и способность функционировать даже при скорости ветра до 6-7 м/с.

Высокая урожайность сенокосно-пастбищных угодий тесно связана с количеством вносимых минеральных удобрений. Исследования демонстрируют, что оптимальное минеральное питание, соответствующее норме  $N_{200}P_{60}K_{120}$ , на дерново-подзолистых почвах позволяет получить урожай зеленой массы в пределах 400-500 ц с 1 га. При этом оптимальные дозы могут быть скорректированы на основании агрохимического анализа почвенного покрова конкретного участка [5].

Опытный участок, на котором проводились лабораторно-экспериментальные исследования, расположен в средней части склона на местности и имеет уклон  $i = 0,002$ . Почвы опытного поля являлись дерново-подзолистыми, легкосуглинистыми, показав в свою очередь наилучшую отзывчивость при орошении дождеванием с применением БШДУ Bauer «Rainstar T-61».

Измерение интенсивности искусственного дождя выполнялось на специализированном лабораторном стенде с обязательным учетом конструктивных характеристик используемого аппарата. Проведение экспериментальных исследований как в естественных условиях, так и в контролируемой лабораторной среде, осуществлялось на фундаменте современных научных представлений и зарекомендовавших себя методик. Для подтверждения надежности собранных данных был выполнен статистический анализ с использованием корреляционного подхода.

**Цель исследований:** разработка технических средств дождевателя для непрерывной технологии орошения, способствующей равномерному поливу при использовании дождевальной машины Bauer «Rainstar T-61» для орошения сенокосов и пастбищ, обеспечивающего соответствие объема воды требуемому уровню влагозапасов участков поля на момент их полива; оценка возможности данной поливной техники.

**Материалы и методы исследований.** На момент закладки опыта агрохимическая характеристика почвы пахотного (0,2...0,25 м) слоя была отмечена удовлетворительной кислотностью ( $pH = 6,39$ ) с высоким уровнем подвижных форм фосфора (267,6), а также обменного калия (280 мг на 1 кг почвы). В целом почвы опытного участка отвечали предъявляемым требованиям для выращивания и возделывания многолетних трав, в том числе сенокосно-пастбищной травосмеси. На опытном участке были внесены следующие виды минеральных удобрений: фосфорные (суперфосфат в дозе 60 кг/га д.в.); калийные (хлористый калий в дозе 120 кг/га д.в.) и азотные (карбамид в дозе 120 кг/га д.в.). Минеральные удобрения вносили осенью при одинаковом агрофоне на всех опытных вариантах.

Анализ поливного агрегата БШДУ Bauer «Rainstar T-61» позволил экспериментально установить степень влияния поливных норм и интенсивности дождя на объемы поверхностного стока в конкретных почвенно-мелиоративных условиях. С учетом разработки новой конструкции дождевателя средняя интенсивность искусственного дождя изменилась в диапазоне от 0,16...0,20 мм/мин, что предопределило ее согласование с впитывающей способностью за годы наблюдений 0,24...0,20 мм/мин. Экспериментально установлены допустимые технологические параметры искусственного дождя в вариантах 70 и 80% от НВ до появления стоков. При этом время полива до появления поверхностного стока составило 68 и 60 мин соответственно. Рационально с учетом условий приняты допустимые параметры дождя: интенсивность – от 0,25 до 0,35 мм/мин; диаметр капель – до 1,0 мм.

**Результаты и их обсуждение.** Экспериментальные и лабораторные наблюдения проводились в период с 2016 по 2018 гг. в рамках научной программы. Культура – травосмесь, состоящая из бобовых и злаковых компонентов. Опыты проводили на учебно-опытном оросительном комплексе (УООК) «Тупиково-1» в Могилевской области Беларуси.

В начале 1980-х гг. прошлого века на территории учебно-опытного хозяйства УО БГСХА

был разработан впоследствии введенный в эксплуатацию в 1985 г. оросительный комплекс «Тушково-1». Проект был реализован при активном участии научных сотрудников академии. Основное назначение данного учебно-опытного оросительного комплекса заключалось (комплекс существует и на сегодняшний день) в обеспечении условий для учебной и производственной практики студентами БГСХА, а также в создании платформы для проведения научных исследований магистрантами, аспирантами, докторантами и сотрудниками УО БГСХА. Функционал комплекса также включает в себя мониторинг водного режима и регулирование влажности почв в соответствии с потребностями возделываемых сельскохозяйственных культур.

В 2005-2006 гг. ОАО ПМК-87 «Водстрой» была проведена комплексная реконструкция учебно-опытного оросительного комплекса «Тушково-1», что значительно повысило его эффективность и технологичность. Ключевым элементом модернизации стала установка новейших дождевальных систем от ведущих мировых производителей (Россия, США, Франция, Италия, Австрия), которые заменили устаревшее оборудование. Эти инновационные системы обеспечили существенную экономию ресурсов, внедрили автоматизированное дистанционное управление поливом с контролем влажности почвы и предоставили возможность гибко адаптировать схемы орошения (фронтальные, круговые, смешанные) к любым особенностям участка и рельефа (см.: Яланский Д.В., Игнатенко И.А., Леганьков А.В. Современная оросительная система «Тушково» и ее использование для научных целей // Сборник научных трудов. Горки, 2018. С. 74-77).

На рисунке 1 представлена схема оросительной системы «Тушково-1», расположенная вблизи населенного пункта Чарны Горецкого района Могилевской области.

Были частично реконструированы пруд, насосная станция и трубопроводы, а также созданы система внутрипочвенного орошения и специальная стоковая площадка для углубленного изучения водного баланса орошаемых земель.

На сегодняшнем этапе развития технологий орошения наблюдается рост популярности мобильных барабанно-шланговых дождевальных установок (БШДУ). Суть работы таких машин связана с передвижением дождевателя в результате вращения барабана самой машины и последующей намотки шланга. Такие машины для дождевания обладают рядом достоинств, в числе которых – возможность полного отказа

от устройства трубопроводов под землей, а также доступность к их использованию на территориях с нестандартной конфигурацией. Дождевательные установки подобного рода в части забора воды способны работать в составе с гидрантами, а также осуществлять забор воды из открытых водных источников [6, 7].

Благодаря многолетней репутации ведущего европейского производителя и экспортера мобильных барабанно-шланговых дождевательных машин, очевидным стал выбор австрийской компании Bauer. Для наших лабораторно-полевых экспериментов была выбрана модель Bauer «Rainstar T-61», оснащенная дальнеструйным дождевальным аппаратом SR-140.

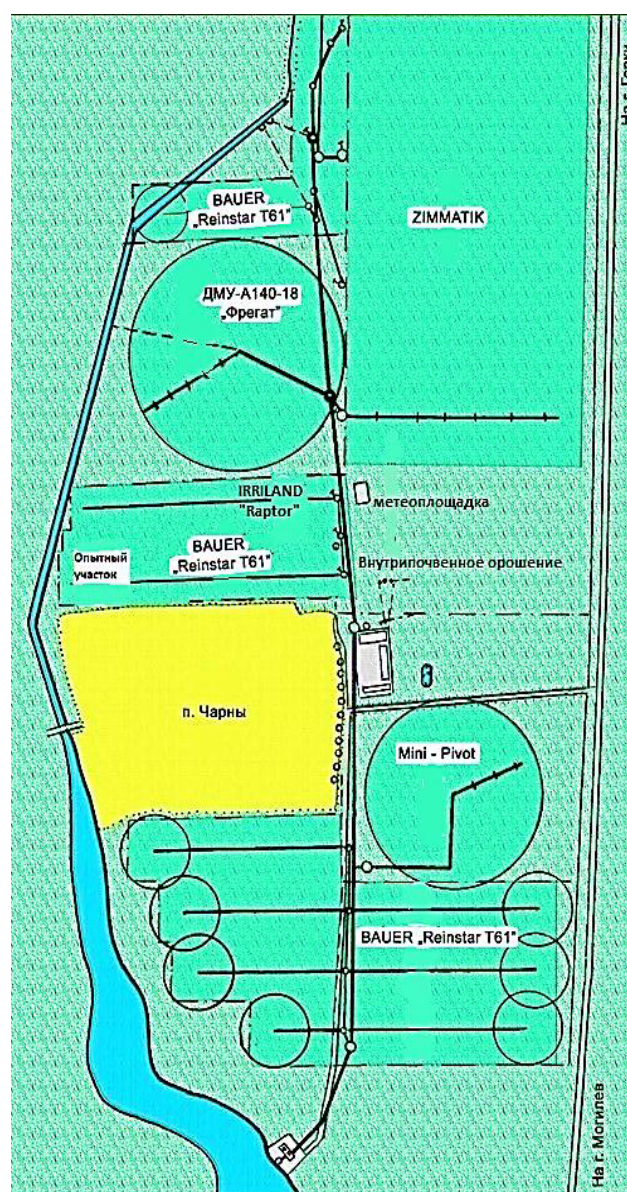


Рис. 1. Схема оросительной системы «Тушково-1»

Fig. 1. Scheme of the irrigation system "Tushkovo-1"

Таблица 1. Результаты опытов по непрерывному дождеванию и поливу по тактам  
Table.1. Results of experiments on continuous sprinkler irrigation and cyclic irrigation

| Варианты проведения полива      | Фактическая норма полива, мм | Предполивная влажность, % от НВ | Время полива до появления стока, мин | Норма полива до появления стока, мм |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Непрерывный                     | –                            | 70% от НВ                       | 68                                   | 17,8                                |
|                                 | –                            | 80% от НВ                       | 60                                   | 15,6                                |
| Полив по тактам: 5 + 10 + 5 мм  | 20                           | 70% от НВ                       | стока не было                        |                                     |
| Полив по тактам: 5 + 10 + 15 мм | 30                           |                                 | стока не было                        |                                     |
| Полив по тактам: 5 + 10 + 5 мм  | 20                           | 80% от НВ                       | стока не было                        |                                     |
| Полив по тактам: 5 + 10 + 15 мм | 30                           |                                 | стока не было                        |                                     |

Результаты первого года исследований позволили разработать эффективные приемы дождевального орошения для сенокосно-пастбищных угодий. Были определены оптимальные нормы и графики полива, гарантирующие отсутствие поверхностного стока и луж. Эксперимент включал в себя сравнение двух пороговых значений влажности почвы (70 и 80% НВ) и двух подходов к подаче воды: непрерывного и порционного.

Для обеспечения достоверности данных эксперименты проводились в трех повторностях, как это предусмотрено в методиках [8, 9]. Сравнение эффективности непрерывного дождевания и тактового полива представлено в таблице 1.

Результаты анализа таблицы 1 показывают, что допустимые нормы полива, превышение которых предшествует образованию поверхностного стока, равны 17,8 мм при уровне влажности 70% от НВ и 15,6 мм при уровне 80% от НВ. При этом время до начала поверхностного стока составляет 68 и 60 мин соответственно. В случае деления поливных норм на такты сток не зарегистрирован.

Для точного измерения поверхностного стока в рамках экспериментов по непрерывной технологии орошения были специально подготовлены площадки размером 2 × 5 м [10-12]. В качестве оросителей использовались дождевальные насадки диаметром 16 и 30 мм, являющиеся частью дождевального аппарата SR-140. Интенсивность подачи воды составляла 0,25 мм/мин для

меньшей насадки и 0,35 мм/мин – для большей. Объем стока определялся путем прямого измерения. Все результаты опыта представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Анализ полученных данных выявил тесную взаимосвязь величины стока и интенсивности дождя. Наблюдалось увеличение стока с 6 до 8 мм при норме полива 20 мм и повышение интенсивности дождя с 0,25 до 0,35 мм/мин. Данные результаты послужили основанием для обоснованного анализа плотности сложения почвенных горизонтов и ее инфильтрационной способности в условиях орошения на протяжении всего периода наблюдений.

Для оценки плотности сложения почвы в течение вегетационного периода сенокосно-пастбищной травосмеси применялся буровой метод [13, 14]. В период с мая по октябрь 2016-2018 гг. ежемесячно проводился трехкратный мониторинг плотности почвы по сезонам и горизонтам. Исследования выполнялись на опытном участке с предполивной влажностью, установленной на уровне 70% от наименьшей влагоемкости (НВ). Средние значения плотности сложения почвы в слоях 0-30, 0-40 и 0-100 см за указанный период представлены на рисунке 3.

Как следует из результатов исследований почвы (рис. 3), в мае 2016 г. начальная плотность сложения в верхнем 40-сантиметровом слое почвы при влажности 70% от НВ достигала

Таблица 2. Величина поверхностного стока в зависимости от поливных норм и интенсивности дождя

Table. 2. The amount of surface runoff depending on irrigation rates and rainfall intensity

| Показатели                                   | Значения      |      |                  |      |
|----------------------------------------------|---------------|------|------------------|------|
| Элемент склона                               | верхняя часть |      | основание склона |      |
| Интенсивность дождя, мм/мин                  | 0,25          | 0,35 | 0,25             | 0,35 |
| Норма полива, мм                             | 20            | 20   | 30               | 30   |
| Продолжительность выдачи поливной нормы, мин | 88            | 67   | 132              | 100  |
| Объем поверхностного стока, мм               | 6             | 8    | 8                | 10   |
| Средняя глубина промачивания, см             | 26            | 24   | 31               | 30   |

Примечание.  $HCP_{0,5\%} = 2,7$ , средняя ошибка опыта – 1,3.

Note: the least significant difference 0,5% = 2,7, the average error of the experiment is 1.3.

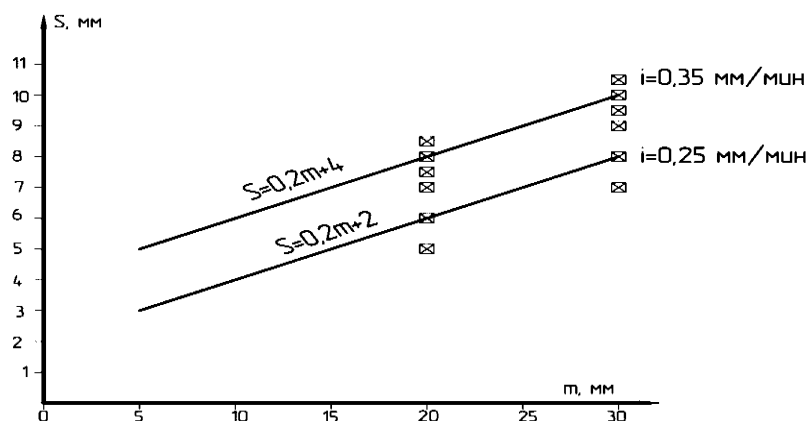


Рис. 2. Изменение объема поверхностного стока (S)

Fig. 2. Change in surface runoff volume (S)

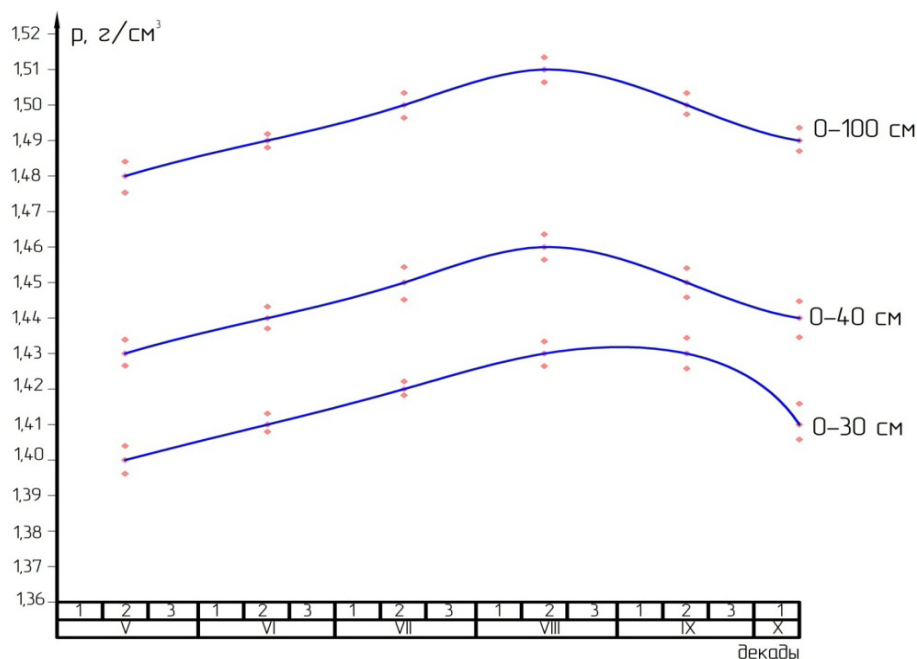


Рис. 3. Динамика плотности сложения почвы в слоях 0-30, 0-40 и 0-100 см в среднем за май-октябрь в 2016-2018 гг.

Fig. 3. Results of determining the steady-state rate of water absorption by soil at different levels of pre-irrigation moisture for 2016-2018

1,40 г/см<sup>3</sup>. К началу августа 2018 г. и к моменту завершения эксперимента данный показатель увеличился до 1,50 г/см<sup>3</sup>.

Таким образом, за период с 2016 по 2018 гг. плотность почвы претерпела изменения в пределах от 1,40 до 1,50 г/см<sup>3</sup>.

В ходе наблюдений для оценки водопроницаемости руководствовались рекомендациями [15]. Результаты ее определения приведены в таблице 3.

Результаты наблюдений выявили тенденцию уплотнения почвы в процессе ее изучения (рис. 3).

**Таблица 3. Результаты определения установившейся скорости впитывания воды почвой при различных уровнях предполивной влажности за 2016-2018 гг.**

**Table. 3. Results of determining the steady-state rate of water absorption by soil at different levels of pre-irrigation moisture for 2016-2018**

| Показатели                                      | Вариант опыта             |         |         |                           |         |         |
|-------------------------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------------------------|---------|---------|
|                                                 | нижний предел – 70% от НВ |         |         | нижний предел – 80% от НВ |         |         |
|                                                 | 2016 г.                   | 2017 г. | 2018 г. | 2016 г.                   | 2017 г. | 2018 г. |
| Установившаяся скорость впитывания воды, мм/мин | 0,24                      | 0,22    | 0,21    | 0,23                      | 0,21    | 0,20    |

Указанное уплотнение в свою очередь привело к снижению установившейся скорости водопоглощения, которая по годам наблюдений уменьшилась с 0,24 (2016 г.) до 0,20 мм/мин (2018 г.) (табл. 3). В результате интенсивность дождя превысила скорость водопоглощения, что и привело к стоку. Для решения указанной проблемы было разработано техническое предложение, направленное на обеспечение дождя с мелкодисперсными каплями.

Успешное достижение поставленной цели стало результатом создания инновационной конструкции дождевального аппарата с гидротурбиной. Это новое техническое решение (патент № 2759221 РФ), что значительно улучшило эффективность процесса дождевания [16]. Принцип взаимодействия водного потока и реактивной крыльчатки в данном усовершенствованном аппарате, разработанном для

БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61», представлен на рисунке 4.

В ходе лабораторных исследований было определено, что для достижения средней интенсивности искусственного дождя наиболее эффективным является соотношение напора к диаметру поливных канавок ( $H/d_{отв.}$ ) в пределах 2000-8000. Данный диапазон был реализован при подаче воды под напором от 5,0 до 20 м к аппарату, оснащённому канавками диаметром 2,5 мм (0,0025 м). Детальные технические характеристики турбинного дождевального аппарата, полученные в результате этих испытаний, представлены в таблице 4.

В результате анализа данных, представленных в таблице 4, отмечена успешность работы разработки и конструкторского предложения в силу того, что полученная средняя интенсивность дождя (0,16-0,20 мм/мин) отвечает показателям водопоглощения почвы (0,24-0,20 мм/мин).

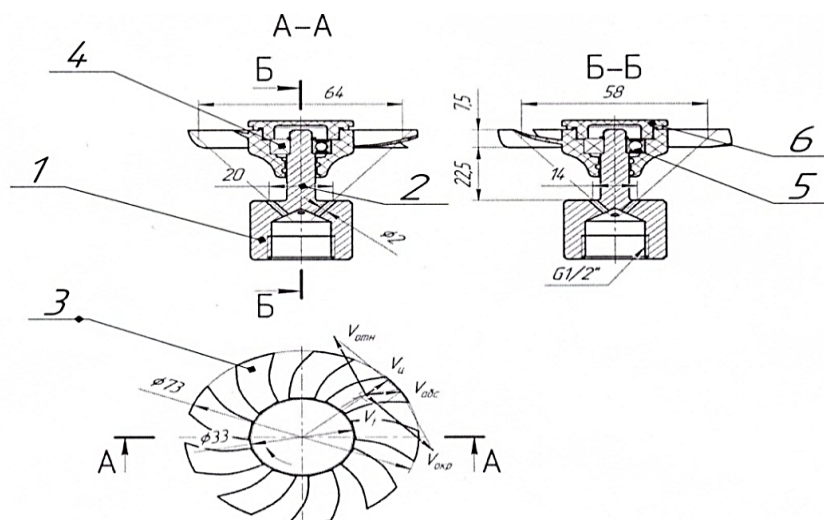


Рис. 4. Схема взаимодействия воды с реактивной крыльчаткой:

1 – пробка; 2 – ось; 3 – крыльчатка; 4 – подшипник; 5 – уплотнитель; 6 – крышка

Fig. 4. Diagram of the interaction of water with a reactive impeller

1 – plug, 2 – axle, 3 – impeller, 4 – bearing, 5 – seal, 6 – cover

Таблица 4. Технические характеристики дождевального аппарата турбинного типа для БШДУ типа Bauer «Rainstar T-61»

Table 4. Technical characteristics of the turbine-type sprinkler for the Bauer «Rainstar T-61» type

| Характеристики                                                                   | Размерность    | Величины                           |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| Тип                                                                              | –              | реактивная крыльчатка с лепестками |
| Принцип действия дождевального аппарата                                          | –              | непрерывный                        |
| Диаметр отверстия, $d_{отв.}$                                                    | мм             | 2,0...4,0                          |
| Число отверстий                                                                  | шт.            | 4                                  |
| Зона работы дождевального аппарата при соотношении, $H/d_{отв.}$                 | –              | 2000...8000                        |
| Площадь орошения с конкретного участка в зависимости от соотношения $H/d_{отв.}$ | м <sup>2</sup> | 5...200                            |
| Давление при работе в дождевальном аппарате                                      | МПа            | До 0,2                             |
| Средняя интенсивность искусственного дождя, $i_{ср}$                             | мм/мин         | 0,16...0,20                        |
| Диапазон изменения среднего диаметра капель, $d_{ср.}$                           | мм             | 2,0...2,2                          |

### Выводы

Экспериментальные данные показали, что критические объемы воды для непрерывного дождевания, не вызывающие эрозии, составили 17,8 мм (при 70% от НВ) и 15,6 мм (при 80% от НВ). Непрерывный полив при данных нормах приводил к поверхностному стоку через 68 и 60 мин. При этом прерывистый полив, когда норма разбивалась на части, полностью исключал поверхностный сток.

Для оптимизации непрерывного дождевания с использованием дождевальной машины

Bauer «Rainstar T-61» была разработана новая конструкция дождевального аппарата, основанная на принципе реактивной крыльчатки. Лабораторные испытания показали, что интенсивность искусственного дождя, генерируемая аппаратом (0,16-0,20 мм/мин), соответствует скорости впитывания воды почвой (0,24-0,20 мм/мин). Это указывает на хорошую адаптацию разработанного нами аппарата и применение к конкретному рельефу и почвы исследуемой территории.

### Список использованных источников

1. Шевченко В.А., Кирейчева Л.В. Комплексная мелиорация – основа технологического обеспечения продовольственной безопасности и сохранения плодородия почв // Природообустройство. 2025. № 1. С. 6-12. DOI: 10/26897/1997-6011-2025-1-12. EDN: WULZRS
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический буклет / Национ. статист. комитет Республики Беларусь. Минск: 2025. 35 с.
3. Новиков А.Е., Новиков А.А. Научное обоснование орошаемого земледелия // Орошаемое земледелие. 2023. № 3 (42). С. 5-7. EDN: MRMZHR
4. Мажайский Ю.А., Голубенко М.И., Яланский Д.В. Капельное орошение цветочных растений на склонах оврага // Мелиорация. 2025. № 3 (113). С. 16-20. EDN: GDFTPY
5. Новиков А.Е., Комарова О.П. Проблемы и направления исследований в орошаемом земледелии // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 5. С. 8-10. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-5-8-10. EDN: JQPSYT
6. Агейкин А.В. История создания и усовершенствования планговых дождевателей барабанного типа // Вестник мелиоративной науки. 2019. № 2. С. 16-28. EDN: SJKEVR
7. Рязанцев А.И., Агейкин А.В. Регулирующие расходно – напорные характеристики планговых дождевателей барабанного типа на продольном уклоне // Вестник мелиоративной науки. 2019. № 1. С. 48-54.
8. Ольгаренко Г.В., Рязанцев А.И., Терпигорев А.А. Совершенствование технологического процесса орошения и конструкции планго-барабанных дождевальных машин с плосковорачиваемым плангом // Экология и строительство. 2020. № 1. С. 32-1. DOI: 10.35688/2413-8452-2020-01-004. EDN: UUPRTC
9. Новиков А.Е., Сиуков С.С., Тихонова М.К., Семененко С.Я. Агромелиоративные способы борьбы с ирригационным стоком в условиях градуированных орошаемых земель (на примере землепользования опытной станции «Орошаемая») // Орошаемое земледелие. 2025, № 1 (48). С. 42-48. DOI: 10.35809/2618-8279-2025-1-7.
10. Костенко М.Ю., Мельничук Д.С., Тетерин В.С. Повышение равномерности распределения дождя за счет применения дождевальной установки с траекторией полива близкой к прямоугольной // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2021. № 4. С. 138-143.
11. Агейкин А.В., Чесноков Р.А., Тимошин Ю.Н., Шогенов Ю.Х. Математическая модель распределения искусственного дождя плангового дождевателя // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024. Т. 16. № 3. С. 102-108.
12. Тищенко А.П., Сидоренко Д.П. Определение поливных норм на орошаемых землях Крыма

### References

1. Shevchenko V.A., Kirejcheva L.V. Integrated land reclamation as the basis for technological food security and soil fertility preservation. Prirodoobustrojstvo. 2025. № 1. P. 6-12. DOI: 10/26897/1997-6011-2025-1-12. EDN: WULZRS
2. Agriculture of the Republic of Belarus: Statistical Booklet. Statistician. Committee of the Republic of Belarus. Minsk: 2025. 35 p.
3. Novikov A.E., Novikov A.A. Scientific support of irrigated agriculture. Irrigated agriculture. 2023. № 3 (42). P. 5-7. EDN: MRMZHR
4. Mazhayskij Yu.A., Golubenko M.I., Yalanskij D.V. Drip irrigation of flower plants on the slopes of a ravine // Land reclamation. 2025. № 3 (113). P. 12-16. EDN: GDFTPY
5. Novikov A.E., Komarova O.P. Problems and research directions in irrigated agriculture. Land reclamation and water management, 2021. № 5. P. 8-10. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-5-8-10. EDN: JQPSYT
6. Ageikin A.V. History of the creation and improvement of hose sprinklers of the drum type // Bulletin of reclamation science. 2019. № 2. P. 16-28. EDN: SJKEVR
7. Ryazantsev A.I., Ageikin A.V. Regulating flow and pressure characteristics of hose sprinklers of the drum type on a longitudinal slope // Bulletin of Reclamation Science. 2019. № 1. P. 48-54.
8. Olgarenko G.V., Ryazantsev A.I., Terpigorev A.A. Improvement of the technological process of irrigation and the design of hose-drum sprinkler machines with a flat-rolled hose. 2020. № 1. P. 32-1. DOI: 10.35688/2413-8452-2020-01-004. EDN: UUPRTC
9. Novikov A.E., Siukov S.S., Tikhonova M.K., Semenenko S.Y. Agro-reclamation methods of combating irrigation runoff in the conditions of graded irrigated lands (on the example of land use of the experimental station "Oroshayemaya") // Irrigated agriculture, № 1 (48). P. 42-48. DOI: 10.35809/2618-8279-2025-1-7.
10. Kostenko M.Y. Increasing the uniformity of rain distribution due to the use of a sprinkler system with a near-rectangular irrigation trajectory / M.Y. Kostenko, D.S. Melnichuk, V.S. Teterin // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2021. № 4. P. 138-143.
11. Ageikin A.V. Mathematical model of artificial rain distribution of a host sprinkler / A.V. Ageikin, R.A. Chesnokov, Yu.K. Shogenov // Bulletin of the Ryszan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Т. 16. № 3. P. 102-108.
12. Tishchenko A.P., Sidorenko D.P. Determination of irrigation rates on irrigated land in Crimea. Irrigated agriculture. 2022. № 3 (36). P. 11-15. DOI: 10.35809/2618-8279-2022-3-10.
13. Savina O.V. Change of physical and agrochemical characteristics of soil during land works // Bulletin of the Ryazan

// Орошаемое земледелие. 2022. № 3 (36). С. 11-15. DOI: 10.35809/2618-8279-2022-3-10. EN: PWZGMO D

13. Савина О.В. Изменение физических и агрохимических характеристик почвы при проведении земельных работ // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2021. № 3. С. 68-75. EDN: JNUEPA

14. Ушаков Р.Н., Ручкина А.В., Елизаров А.О. К вопросу об информационном управлении плодородием почв // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2021. № 3. С. 85-92. EDN: TKEEGZ

15. Дубенок Н.Н., И.А. Левшунов, Гемоннов А.В. Водопроницаемость почвы и поверхностный сток при дождевании суданской травы в условиях восточной части Беларуси // Мелиорация. 2025. № 3(113). С. 39-44.

16. Пат. 2759221 Российская Федерация, МПК A01G25/00. Дождевательный аппарат турбинного типа /Д.В. Яланский Н.Н. Дубенок, Ю.А. Мажайский, Ф. Икром, М.И. Голубенко. Опубл. 11.11.2021.

#### Информация об авторах

**Дмитрий Владимирович Яланский**, канд. техн. наук, доцент кафедры гидротехнических сооружений и водоснабжения, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; ORCID: 0000-0002-7808-8204, dimka-045@mail.ru

**Иван Александрович Левшунов**, старший преподаватель кафедры мелиорации и водного хозяйства, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, cdtnkfyeirf@yandex.ru, ORCID: 0009-0003-3384-8059

**Юрий Анатольевич Мажайский**, д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Мещерский филиал, ORCID: 0000-0002-0743-8289; director@mntc.pro

**Михаил Иванович Голубенко**, заслуженный изобретатель Российской Федерации, Мещерский научно-технический центр, ORCID: 0009-0003-8543-4448; golubenko-mihail@mail.ru,

State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2021. № 3. P. 68-75. EDN: JNUEPA

14. Ushakov R.N. On the issue of information management of soil fertility/ R.N. Ushakov, A.V. Ruchkina, A.O. Elizarov // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2021. № 3. P. 85-92. EDN: TKEEGZ

15. Dubenok N.N. Water permeability of the soil and surface runoff during sprinkling of Sudanese grass in the conditions of the eastern part of Belarus / Levshunov I.A., Gemonov A.V. // Land reclamation. 2025. № 3(113). P. 39-44.

16. Pat. 2759221 Russian Federatio, МПК A01G 25/00/ Turbine type spring unt /D.V. Yalanskij N.N. Dubenok, Yu.A. Mazhayskij, F. Ikromi, M.I. Golubenko. Publ. 11.11.2021.

#### Information about the authors

**Dmitry V. Yalansky**, CSs (Tech), Associate Professor of the Department of Hydraulic Structures and Water Supply, Belarusian State Agricultural Academy, dimka-045@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7808-8203

**Ivan A. Levshunov**, Senior Lecturer at the Department of Land Reclamation and Water Management, Belarusian State Agricultural Academy. cdtnkfyeirf@yandex.ru ORCID: 0009-0003-3384-

**Yuri A. Mazhaysky**, DSs (Agro), Professor, Chief Researcher, Federal Scientific Center of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Meshchersky Branch, director@mntc.pro, ORCID: 0000-0002-0743-8289

**Mikhail I. Golubenko**, Honored Inventor of the Russian Federation, Meshchersky Scientific and Technical Center, golubenko-mihail@mail.ru, ORCID: 0009-0003-8543-4448

#### Критерий авторства / Criteria of authorship

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов исследования / All authors of this study were directly involved in the planning, implementation and analysis of the results of the study.

#### Конфликт интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interests:

The authors claim no conflict of interests.

**Поступила в редакцию / Received** 11.03.2026

**Поступила после рецензирования / Received** 05.09.2026

**Принята к публикации / Accepted for publication** 07.09.2026