

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-34-42>

УДК: 631.6:631.311.51



ШИРОКОЗАХВАТНОЕ ДВУХОТВАЛЬНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ОЧИСТКИ ОРОСИТЕЛЬНО-ОБВОДНИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

В.А. Волосухин¹, А.В. Михеев^{2✉}, Я.В. Волосухин³, А.В. Головкин⁴¹ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, Россия² ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»; 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, Россия³ ИКЦ «Безопасность ГТС»; 346400, Ростовская обл., г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 200 В, Россия⁴ ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»; 355035, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, Россия

Аннотация. Целью исследований являлось повышение водопропускной способности оросительно-обводнительных каналов путем создания широкозахватного двухотвального разравнивателя-дернореза. Выполнен анализ водопотребления в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах из оросительно-обводнительных каналов, рек и подземных источников, который показал, что более 40% водопотребления приходится на оросительные системы. Установлены основные причины снижения водопропускной способности оросительно-обводнительных каналов и способы борьбы с ними. Наиболее перспективным является механический способ очистки дна каналов. Выявлена периодичность очистки оросительно-обводнительных каналов, позволяющая снизить гидравлические сопротивления поперечного сечения канала и повысить водопропускную способность, с цикличностью проведения работ 4÷5 лет. Сформулированы основные требования к выбору параметров профиля поперечного сечения отвального рабочего органа разравнивателя-дернореза дна каналов, выполнение которых позволяет снизить сопротивление резанию донных отложений, дерна и растительности, перемещению их вверх по отвалу и перед ним в виде призмы волочения. Обоснованы основные геометрические параметры профиля поперечного сечения отвального рабочего органа разравнивателя-дернореза, а также углы резания и установки отвалов. Предложены общая компоновка широкозахватного разравнивателя-дернореза в виде двухотвального рабочего органа с опорными лыжами и способ перемещения его внутри канала, а также определены ширина захвата, угол захвата и длина отвалов для условий Право-Егорлыкского канала Ставропольского края.

Ключевые слова: водопропускная способность, оросительно-обводнительные каналы, донные отложения, зарастание, механический способ, профиль отвала, угол резания, разравниватель-дернорез

Формат цитирования: Волосухин В.А., Михеев А.В., Волосухин Я.В., Головкин А.В. Широкозахватное двухотвальное техническое средство очистки оросительно-обводнительных каналов // Природообустройство. 2025. № 4. С. 34-42. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-34-42>

Original article

WIDE-REACH TWO-DUMP TECHNICAL MEANS OF CLEANING IRRIGATION AND WATER SUPPLY CHANNELS

V.A. Volosukhin¹, A.V. Mikhayev^{2✉}, Ya.V. Volosukhin³, A.V. Golovko⁴¹ Kuban State Agrarian University named after I.T. Trublin, Kalinin str., 13, 350044, Krasnodar² Platov South Russian State Polytechnical University (NPI), 132 Prosveshcheniya str., Novocherkassk, Rostov Region, 346428³ ICC "GTS Security", 346400 Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky ave. 200 V⁴ Stavropol State Agrarian University, 355035, Stavropol, per. Zootechnical, 12

Abstract. The purpose of the research was to increase the water transmission capacity of irrigation and water supply channels by creating a wide-reach two-dump leveler – turf cutter. An analysis of water consumption in the Southern and North Caucasus Federal Districts from irrigation and water supply channels, rivers and underground sources was performed, which showed that more than 40% of water consumption comes from the irrigation systems. The main reasons for the decrease in the water transmission capacity of irrigation and water supply channels and ways to combat them have been established. The most promising method is the mechanical method of cleaning the dana channels. The frequency of cleaning irrigation and water supply channels has been revealed, which makes it possible to reduce the hydraulic resistances of the channel cross-section and increase the water transmission capacity, with a work cycle

of 4-5 years. The basic requirements for the choice of parameters of the cross-sectional profile of the blade working body of the leveler, the channel bottom turf cutter are formulated, the implementation of which reduces the resistance to cutting sediments, turf and vegetation, moving them up the blade and in front of it in the form of a drawing prism. The basic geometric parameters of the cross-sectional profile of the dump working body of the leveler-turf cutter, as well as the angles of cutting and installing the dumps, are substantiated. A general layout of a wide-range leveler-turf cutter in the form of two dump working bodies with support skis and a method of moving it inside the channel is proposed, and the width of the grip, the angle of grip and the length of the dumps are determined for the conditions of the Pravo-Egorlyk channel of the Stavropol Territory.

Keywords: water transmission capacity, irrigation and water supply channels, bottom sediments, overgrowth, mechanical method, blade profile, cutting angle, leveler-turf cutter

Format of citation: Volosukhin V.A., Mikheev A.V., Volosukhin Ya.V., Golovko A.V. Wide-reach two-dump technical means of cleaning irrigation and water supply channels // Prirodoobustrojtvo. 2025. № 4. P. 34-42. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-34-42>

Введение. Повышение комфортного проживания населения Российской Федерации, а также обеспечение продовольственной безопасности и производственных нужд невозможны без водопотребления в необходимых и достаточных объемах. Для этих целей на территории РФ имеется протяженная и разветвленная сеть оросительно-обводнительных каналов.

В государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году» [1] приводятся данные по водопотреблению в РФ, а также по Южному и Северо-Кавказскому федеральным округам.

В 2023 г. показатель водных ресурсов речного стока в целом по Южному федеральному округу (ЮФО) и Северо-Кавказскому федеральному округу (СКФО) составил 306,5 км³/год. Среди источников водных ресурсов в 2023 г. преобладали поверхностные, забор воды из которых составил 25705,3 млн м³. В свою очередь, забор воды из подземных источников составил 1220,4 млн м³. Мощность оборотных систем водоснабжения в целом по данным федеральным округам составила 11418,7 млн м³. За 2023 г. объем использования пресной воды в ЮФО и СКФО составил 13656,8 млн м³. Из общего объема использования пресной воды наибольшую долю заняла вода, направленная на оросительные нужды (5555,9 млн м³) [1-3], что составляет 40,7%.

По данным Министерства сельского хозяйства РФ, протяженность магистральных оросительно-обводнительных каналов, находящихся в федеральной собственности в ЮФО и СКФО, составляет 30,614 тыс. км. Большинство из них является длительно эксплуатирующими (более 50 лет) и выполненными в земляном русле. Аналогичная ситуация наблюдается с 3 тыс. км каналов межбассейновой переброски – такими, как Донской магистральный канал, магистральные каналы Кубань-Егорлыкской

и Кубань-Калаусской, Терско-Кумской оросительно-обводнительных систем.

За длительный период эксплуатации каналов на дне накопилось большое количество донных отложений, а также произошло зарастание поперечного сечения каналов различной растительностью. Особенно интенсивно происходит зарастание в последние годы в связи с климатическими изменениями. Тенденция роста температур на юге России в первой половине XXI в. – на 0,4...0,6 град. в 10 лет, а в вегетационный период – до +10°C, что ведет к более интенсивному зарастанию магистральных каналов [4]. Повышение температуры окружающего воздуха неизбежно приведет к росту водопотребления, особенно для нужд оросительных систем [5]. Все это требует увеличения водопропускной способности оросительно-обводнительных систем.

Для обеспечения необходимого водопотребления поддержание на высоком техническом уровне состояния оросительно-обводнительных каналов является одной из важнейших задач.

Цель исследований: повышение водопропускной способности оросительно-обводнительных каналов путем создания широкозахватного двухотвального разравнивателя-дернореза.

Материалы и методы исследований. Одной из важнейших проблем в эксплуатации оросительно-обводнительных каналов является накопление донных отложений и зарастание, особенно в летний период времени, каналов водорослями, камышом и другой растительностью (рис. 1), что приводит к снижению в пиковые периоды водопотребления пропускной способности каналов на 25 ÷ 35%.

Борьбу с зарастанием каналов проводят различными способами, среди которых можно выделить 3 основных [6-8]: химические, биологические и механические. Химические способы

основаны на применении различных гербицидов и других химических соединений, что неприемлемо для каналов, обеспечивающих водоснабжение населенных пунктов, и мелиоративных каналов, особенно в период водозабора для оросительных систем. Биологические способы заключаются в разведении травоядных рыб (белый амур, толстолобик) и животных (ондатры, нутрии), но большая часть оросительных каналов в зимний период обезвоживается, что приводит к гибели рыб и животных. К биологическим способам можно отнести затенение водоема путем посадки деревьев по бермам канала, что не представляется возможным при ширине канала более 15 м и значительной протяженности оросительно-обводнительного канала.

Наиболее целесообразным является механический способ, заключающийся чаще в скашивании растений.

Применение специальных каналоокашивающих машин не обеспечивает надлежащего ухода за дном каналов. Основными недостатками существующих машин по уходу за каналами являются [7, 9-13]: небольшая глубина очищаемых каналов (до 2 м); малая ширина захвата (до 2,5 м), что требует большого количества проходов по дну канала; для работы машин требуется снижение уровня или обезвоживание канала. Плавающие косилки не обеспечивают необходимую высоту среза растительности, максимальная рабочая глубина – не более 1,8 м. Вышеуказанные недостатки существенно ограничивают применение рассмотренных машин и исключают их использование для очистки магистральных оросительно-обводнительных каналов. К аналогичным выводам пришли такие ученые, как

Ф.К. Абдразаков [6, 7, 10], А.А. Коршиков [9], которые внесли значительный вклад в разработку технологий и средств механизации для очистки оросительно-обводнительных каналов.

Одним из способов очистки дна каналов может быть применение плавучих землесосных установок. Но они имеют очень высокую стоимость и сложности с перебазированием на другие каналы, используются только сезонно, что требует больших издержек в их эксплуатации [7, 14]. В связи с этим службами эксплуатации не приобретается специализированная техника, а очистка осуществляется более простым и дешевым оборудованием собственной разработки. Так, очистку дна каналов шириной 6 м и более производят гусеничной цепью трактора (рис. 2), которую закрепляют тросами к двум тягачам, перемещающимся синхронно по бермам канала. Для повышения планирующей способности данного устройства закрепляют утяжеляющий груз.

Выполненные таким образом работы по очистке дна каналов исключают развитие растительности на период до 4 лет. Если проводить работы по очистке и планированию дна каналов специализированным оборудованием, разработанным для данного вида работ, то можно увеличить периодичность очистки до 5 лет и значительно снизить гидравлическое сопротивление поперечного сечения каналов, что увеличит пропускную способность.

Полученные данные по периодичности очистки каналов согласуются с результатами исследований Н.С. Севрюгиной, А.Ю. Фомина, А.С. Апатенко [15], которые пришли к выводу о том, что очистку русла рек, озер и прудов необходимо проводить раз в 5 лет.



Рис. 1. Зарастание канала

Fig. 1. Overgrowth of the canal



Рис. 2. Разравниватель гусеничного типа

Fig. 2. Caterpillar type leveler

Результаты и их обсуждение. На основании выполненного анализа сделаны выводы о том, что наиболее перспективным является разработка двухотвального широкозахватного разравнивателя-дернореза для очистки дна каналов за один проход при условии проведения работ без обезвоживания каналов. Разравниватель-дернорез выполняет срезание донных отложений, корневой системы растений (дерн) и водорослей, а также обеспечивает транспортировку срезанной массы к откосам канала. Перемещают устройство 2 тягача, расположенные на бармах канала, к которым с помощью тросов крепится предлагаемый рабочий орган. Затем срезанную массу убирают с помощью одноковшового экскаватора, оборудованного специальным ковшом.

Наблюдения и исследования проводились на Право-Егорлыкском канале Ставропольского края. Данный канал имеет следующие параметры: ширина по верху – $30 \div 40$ м; ширина по дну – 16 м; толщина слоя воды – $2,5 \div 3,5$ м; глубина канала – $5 \div 7$ м; заложение откосов – $0,75 \div 1$.

Отвалы пассивных рабочих органов имеют в зависимости от геометрической формы следующие типы [7, 10, 16-18]: с постоянным радиусом кривизны R , с большей кривизной вверху и с большей кривизной внизу. Наилучшие показатели при выполнении планировочных работ и разравнивания грунта имеют отвалы с постоянным радиусом кривизны. Соответственно для рассматриваемого случая можно принять форму отвала с постоянным радиусом кривизны.

Основные параметры профиля поперечного сечения отвального рабочего органа определяют его конструктивные и технологические характеристики. От типа профиля поперечного сечения зависят расположение и процесс срезания грунта отвалом, а также дальнейшее перемещение грунта вверх и вдоль по отвалу.

К основным геометрическим параметрам профиля поперечного сечения отвала

относятся (рис. 3): форма отвала, которая зависит от радиуса кривизны R ; рабочая высота отвала H_p , представляющая собой сумму высоты криволинейной части отвала и ножа, измеренную от срезанной поверхности грунта до крайней верхней точки отвала, с учетом того, что отвал имеет соответствующий угол наклона ε .

Угол наклона отвала по режущей кромке ножа ε измеряют как угол между нормалью к разрабатываемой поверхности и линией, проходящей через кромку ножа и верхнюю точку криволинейной части отвала. Угол наклона отвала определяет пространственное положение рабочего органа и имеет существенное влияние на процесс перемещения грунта вверх по отвалу.

При перемещении грунта вверх по отвалу грунт должен опрокидываться впереди отвала, а не пересыпаться через него. Для исключения пересыпания грунта через отвал назначают величину угла опрокидывания ϕ_o . Угол опрокидывания определяют между вертикалью и касательной, проведенных в верхней точке рабочей

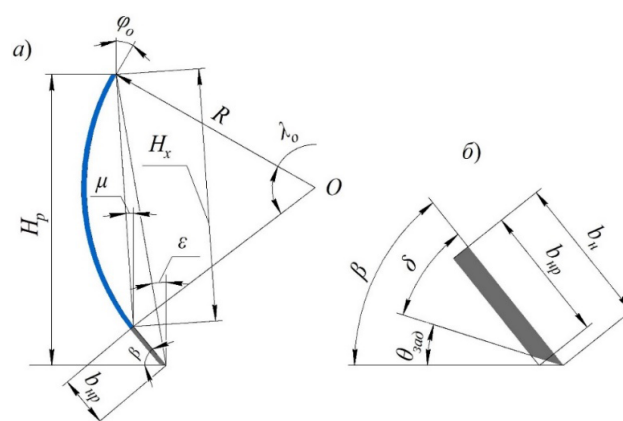


Рис. 3. Профиль поперечного сечения отвала:

а – поперечное сечение отвала;

б – углы установки ножа

Fig. 3. Cross-section profile of the blade

а – the cross section of the blade;

b – the angles of installation of the knife

поверхности отвала. С увеличением угла опрокидывания ϕ_o повышается сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу, но исключается пересыпание его через отвал. Уменьшение угла опрокидывания может привести к пересыпанию грунта через отвал. При этом снижается сопротивление перемещению грунта вверх по отвалу, а при значении 60° отсутствует скольжение грунта (залипание), и грунт накапливается перед отвалом, что значительно повышает сопротивление перемещению рабочего органа. Исходя из этого, угол опрокидывания ϕ_o назначают в пределах $15^\circ \div 30^\circ$ [7, 10, 16-18].

Важнейшим параметром, определяющим процесс отделения грунта от массива, является угол резания β . Угол резания представляет собой угол между срезанной поверхностью грунта и передней поверхностью ножа. Правильно выбранный угол резания обеспечивает минимальное сопротивление копанию грунта отвалом. При выборе угла резания необходимо учитывать, что с увеличением угла резания ухудшается условие скольжения грунта по рабочей поверхности ножа и отвала, что обуславливает возникновение залипания грунта на рабочей поверхности отвала и увеличение объема призмы волочения. Уменьшение угла резания β также ухудшает условие скольжения грунта по отвалу: грунт прекращает перемещаться вверх по отвалу, и в призме волочения возникают зоны застоя грунта.

Таким образом, отклонение угла резания от оптимальных значений приводит к повышению сопротивления копанию грунта отвальным рабочим органом. Для отвальных рабочих органов оптимальный угол резания находится в пределах $50^\circ \div 55^\circ$ [7, 10, 16-18].

Для исключения трения тыльной части ножа о грунт, а также для отсутствия касания ее с релаксированным грунтом после деформации его ножом задаются задним углом $\theta_{зад}$, который представляет угол между линией резания грунта и задней поверхностью ножа.

Ранее рассмотренные углы поперечного профиля отвала являются определяющими для снижения сопротивления копания грунта отвальным рабочим органом. Они взаимосвязаны с углом резания и изменяют свое значение при корректировке угла резания ножа.

Не менее важное значение имеет угол заострения ножа δ , так как влияет на сопротивление резания грунта. Это угол между передней и задней рабочими поверхностями ножа. Угол заострения выбирают из условия прочности и снижения износа режущей кромки ножа в пределах $\delta = 25^\circ \div 30^\circ$.

При определении основных параметров профиля отвала рассматривают еще ряд углов, которые являются производными от ранее рассмотренных.

Центральный угол профиля отвала λ_o является центральным углом криволинейной части отвала и зависит от радиуса кривизны и рабочей высоты отвала. Его значение составляет: $\lambda_o = 60^\circ \div 80^\circ$ [7, 10, 16-18].

Угол отклонения хорды профиля отвала μ от вертикальной плоскости также определяет пространственное положение профиля отвала и используется для расчета основных параметров отвала. Он строго связан с углом наклона отвала по режущей кромке ножа ϵ и, соответственно, с углом резания ножа β и опрокидывания отвала ϕ_o . Его определяют как угол между вертикалью и линией, проходящей через верхнюю и нижнюю точки криволинейной части отвала.

Следующими геометрическими параметрами, определяющими размеры отвала, являются высота отвала по хорде H_x и ширина ножа b_n .

Высота отвала по хорде H_x представляет собой длину хорды, соединяющей верхнюю и нижнюю точки криволинейной части отвала. Данный размер определяет высоту криволинейной части отвала без учета угла наклона профиля отвала от вертикальной плоскости μ и обосновывает параметры заготовки, из которой будет выполнена криволинейная часть отвала.

Ширину ножа b_n устанавливают, как правило, исходя из параметров ножей, серийно выпускаемых для других аналогичных рабочих органов (бульдозеры, автогрейдеры, кавальеро-разравниватели, планировщики и др.). Ширина ножа, а также его толщина и материал влияют на прочностные характеристики и износостойкость ножа. Для определения основных параметров профиля отвала находят расчетную ширину ножа b_{np} по тыльной плоскости, которая зависит от толщины ножа и угла заострения δ .

На основании выполненного анализа можно сформулировать требования к определению основных параметров профиля поперечного сечения отвала разравнивателя-дернореза дна каналов:

1. Углы установки отвала должны обеспечивать наименьшее сопротивление резанию грунта.
2. При перемещении грунта вверх по всему профилю отвала необходимо обеспечить соблюдение условия скольжения.
3. Форма профиля и углы установки должны исключать пересыпание грунта через отвал в процессе работы.

При определении параметров профиля отвала необходимо учитывать, что очистку дна каналов предлагаемым разравнивателем-дернорезом можно выполнять как при заполненном поперечном сечении канала, так и при обеспокоенном его состоянии. Следовательно, резание донных отложений и дерна на дне канала происходит при наличии воды на рабочей поверхности профиля отвала, что существенно уменьшает трение грунта об отвал и улучшает условия скольжения его при перемещении вверх по отвалу. В связи с этим предлагается определить основные параметры профиля отвала следующим образом.

Одним из важнейших параметров профиля отвала является его рабочая высота H_p , определяемая тягово-сцепными и мощностными показателями базовой машины, с которой агрегатируется отвал, объемом призмы волочения, формирующейся перед отвалом, и физико-механическими характеристиками разрабатываемых отложений и дерна на дне каналов. В качестве базовой машины, перемещающей разравниватель-дернорез для удаления донных отложений и растительности на дне каналов, рекомендуется использовать бульдозер Б-10М, который имеет дизельный двигатель марки ЯМЗ 236НЕ-51 мощностью $N_{дв} = 132$ кВт. Рабочую высоту отвала H_p рассчитываем по формуле:

$$H_p = (0,19 \div 0,21) k_d \sqrt[3]{N_{дв}}, \quad (1)$$

где k_d – коэффициент динамичности нагрузки; $k_d = 0,8 \div 0,9$.

Угол резания на основании ранее проведенного анализа можно задать равным $\beta = 55^\circ$.

Угол заострения ножа назначается на основании результатов исследований многих авторов [7, 10, 16-18] в пределах $\delta = 25^\circ \div 30^\circ$; для разравнивателя-дернореза принимаем $\delta = 30^\circ$. Следовательно, задний угол $\theta_{зад}$ составит:

$$\theta_{зад} = \beta - \delta. \quad (2)$$

Центральный угол профиля отвала для рассматриваемого случая принимаем как $\lambda_o = 62,6^\circ$.

На основании вышесказанного можно определить угол опрокидывания отвала по известной зависимости [7, 10, 16-18]:

$$\phi_o = \beta + \lambda_o - 90^\circ. \quad (3)$$

В качестве режущего элемента отвалов разравнивателя-дернореза используется серийно выпускаемый нож автогрейдера ГС-14.02, имеющий следующие габаритные размеры: длина $l_n = 1820$ мм; ширина $b_n = 180$ мм; толщина $t_n = 12$ мм; материал – сталь 65Г.

Расчетную ширину ножа b_{np} по тыльной плоскости найдем как

$$b_{np} = b_n - \frac{t_n}{\tan \beta}, \text{ мм.} \quad (4)$$

Радиус отвала с постоянной кривизной R находим по известной формуле [7, 10, 16-18]:

$$R = \frac{H_p - b_{np} \sin \beta}{2 \sin[0,5(90^\circ + \phi_o - \beta)] \cos[0,5(90^\circ - (\phi_o + \beta))]}, \text{ мм.} \quad (5)$$

Остальные параметры профиля отвала рассчитываем по зависимостям, установленным различными авторами [7, 10, 16-18]:

– угол отклонения хорды профиля отвала μ от вертикальной плоскости –

$$\mu = 0,5[90^\circ - (\phi_o + \beta)], \quad (6)$$

– конструктивная высота отвала по хорде H_x –

$$H_x = \frac{H_p - b_n \sin \beta}{\cos \mu}, \text{ мм;} \quad (7)$$

– угол наклона отвала по режущей кромке ножа ε –

$$\varepsilon = \arctan \left[\frac{H_x \sin \mu + b_n \cos \beta}{H_p} \right]. \quad (8)$$

Не меньшее значение для эффективной работы разравнивателя-дернореза имеют ширина захвата B_z , угол захвата α и длина отвалов L (рис. 4).

Ширину захвата разравнивателя-дернореза принимаем, исходя из основных параметров Право-Егорлыкского канала и на основании консультаций со специалистами, занимающимися эксплуатацией канала: $B_z = 12$ м.

Угол захвата α является критическим параметром, оказывающим существенное влияние на сопротивление перемещения разравнивателя-дернореза. При выборе угла захвата необходимо соблюдать условие скольжения грунта вдоль отвалов [7, 10, 16-18]:

$$\alpha \leq 90^\circ - \psi_s,$$

где ψ_s – угол внутреннего трения грунта.

Меньшие значения угла захвата способствуют улучшению процесса скольжения грунта вдоль отвалов, но при этом возрастает длина отвалов при заданной ширине захвата B_z , что приводит к увеличению массы разравнивателя-дернореза, и как следствие – к повышению сопротивления перемещению.

Увеличение угла захвата приводит к возрастанию сопротивления перемещению разравнивателя-дернореза и появлению залипания грунта на поверхности отвала. По этой причине

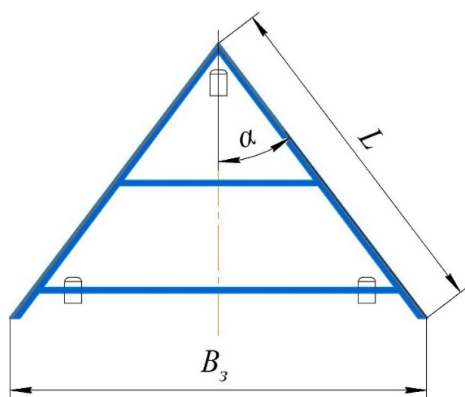


Рис. 4. Схема разравнивателя-дернореза (вид сверху)

Fig. 4. The scheme of the leveler-turf cutter view from the top

образовывается застой грунта перед отвалами, и перемещение призмы волочения грунта вдоль отвалов может прекратиться. По результатам исследований [7, 10, 16-18] установлено, что для донных отложений с наличием корневой системы растений (дерн) угол захвата отвалов должен составлять $\alpha = 30^\circ \div 45^\circ$. В связи с этим принимаем угол захвата отвалов разравнивателя-дернореза в рабочем положении как $\alpha = 37,26^\circ$.

Длину одного отвала разравнивателя-дернореза можно определить как

$$L = \frac{0,5B_3}{\sin \alpha}, \text{ мм.} \quad (9)$$

Основные параметры широкозахватного разравнивателя-дернореза для очистки донных отложений, дерна и водорослей в Право-Егорлыкском канале Ставропольского края представлены в таблице.

Для минимизации негативных последствий механической очистки на экосистему каналов и исключения разрушения ножами отвалов основания дна каналов, особенно со стабилизированными откосами и дном или облицованными каналами, в конструкции разравнивателя-дернореза предусмотрены опорные лыжи, позволяющие исключить прямой контакт ножей с основанием канала или облицовкой. Для этого лыжи снабжены системой регулирования срезаемого слоя донных отложений.

На основании полученных результатов планируются исследования по разработке автоматизированной системы управления рабочим оборудованием при выполнении технологических процессов и изменении водопрпускной способности каналов после очистки.

Таблица. Основные параметры разравнивателя-дёрнореза для очистки дна каналов

Table. Main parameters of the leveler-turf cutter for cleaning the bottom of the channels

Параметр Parameter	Обозначение Designation	Величина Value
Угол резания ножа, град / Blade cutting angle, degree	β	55°
Угол заострения, град / Angle of sharpening, degree	δ	30°
Задний угол, град / Clearance angle, degree	$\theta_{\text{зад}}$	25°
Угол заострения, град / Angle of sharpening, degree		
Центральный угол профиля отвала, град Central angle of blade profile, degree	λ_o	$62,6^\circ$
Угол опрокидывания, град / Tipping angle, degree	ϕ_o	$27,6^\circ$
Рабочая высота отвала, мм / Working height of blade, mm	H_p	800
Длина ножа, мм / Blade length, mm	l_n	1820
Ширина ножа, мм / Blade width, mm	b_n	180
Толщина ножа, мм / Blade thickness, mm	t_n	12
Радиус отвала, мм / Blade radius, mm	R	636
Угол отклонения хорды профиля отвала от вертикальной плоскости, град Angle of deviation of the blade profile chord from the vertical plane, degree	μ	$3,7^\circ$
Конструктивная высота отвала по хорде, мм Structural height of the dump along the chord, mm	H_x	660,8
Угол наклона отвала по режущей кромке ножа, град Blade tilt angle along the cutting edge of the knife, degrees	ε	10°
Ширина захвата устройства, мм / Range width of the device, mm	B_3	12000
Угол захвата в рабочем положении, град Capture angle in the working position, degree	α	37,26
Длина одного отвала, мм / Length of one dump, mm	L	9910

Выводы

Представлен аналитический обзор водопотребления в ЮФО и СКФО из оросительно-обводнительных каналов, рек и подземных источников, который показал, что более 40% водопотребления приходится на оросительные системы.

Установлены основные причины снижения водопрпускной способности оросительно-обводнительных каналов и способы борьбы с ними. Наиболее перспективным является механический способ очистки дна каналов, но существующие машины и оборудование не обладают необходимой эффективностью и производительностью.

Выявлена периодичность очистки оросительно-обводнительных каналов, позволяющая снизить гидравлические сопротивления поперечного сечения канала и повысить водопрпускную способность с цикличностью проведения работ $4 \div 5$ лет.

Список использованных источников

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. Проект Государственного доклада. М.: Минприроды России, 2024. 707 с.
2. Информационно-аналитические материалы о режимах работы водохранилищ, 2022 г.: Федеральное агентство водных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов». Новочеркасск: Лик, 2023. 484 с.
3. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ), 2025. 135 с.
5. Шевченко В.А. Комплексная мелиорация – основа технологического обеспечения продовольственной безопасности и сохранения плодородия почв / В.А. Шевченко, Л.В. Кирейчева // Природообустройство. 2025. № 1. С. 6-12. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-6-12>
6. Абдразаков Ф.К. Состояние оросительных каналов Саратовского Поволжья и пути повышения их эффективности / Ф.К. Абдразаков, К.И. Чуркина // Аграрный научный журнал, 2020, № 4, С. 68-70. EDN: KMSNXL
7. Абдразаков Ф.К. Ресурсосберегающие технологии и машины для интенсификации мелиоративного производства: монография. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. 2019. 164 с. EDN: PARGMX
8. Ерохина К.К. Причины загрязнения водоемов и новый способ очистки с помощью бактерий / К.К. Ерохина, Ю.С. Шабалина, Ю.А. Головина / Материалы V Международного молодежного экологического форума. Материалы форума. Под редакцией Т.В. Галаниной, М.И. Баумгартена. Кемерово: 2021. С. 405-5.
9. Коршиков А.А. Режущие аппараты мелиоративных косилок (теория, конструкция, расчёт) // Новочеркасск: ФГБОУ ВО Новочеркасская государственная мелиоративная академия. 2007. 154 с.

Сформулированы основные требования к выбору параметров профиля поперечного сечения отвального рабочего органа разравнивателя-дернореза дна каналов. Их выполнение позволяет снизить сопротивление резанию донных отложений, дерна и растительности, перемещению их вверх по отвалу и перед ним в виде призм волочения.

Обоснованы основные геометрические параметры профиля поперечного сечения отвального рабочего органа разравнивателя-дернореза, а также углы резания и установки отвалов.

Предложены общая компоновка широкозахватного разравнивателя-дернореза в виде двухотвального рабочего органа с опорными лыжами и способ перемещения его внутри канала, а также определены ширина захвата, угол захвата и длина отвалов для условий Право-Егорлыкского канала Ставропольского края.

References

1. On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2023. Draft State Report. Moscow: Ministry of Natural Resources of the Russian Federation; Intellectual Analytics LLC; Federal State Budgetary Institution NTP Directorate; Foundation for Ecology and International Technological Cooperation, 2024. 707 p.
2. Information and analytical materials on the modes of operation of water storage facilities, 2022: Federal Agency for Water Resources, Federal State Budgetary Institution "Russian Scientific Research Institute for Integrated Use and Protection of Water Resources". Novo-cherkassk: Lik, 2023. 484 p.
3. Land reclamation complex of the Russian Federation: inform. edition. M.: FSBI "Rosinformagrotech", 2020. – 304 p.
4. Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2024. Moscow: Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (ROSHYDROMET), 2025. 135 p.
5. V.A. Shevchenko, Integrated land reclamation – the basis of technological food security and soil fertility preservation / V.A. Shevchenko, L.V. Kireicheva // Prirodoobustrojstvo. 2025. No. 1. P. 6-12. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-1-6-12>
6. Abdrazakov F.K. The state of irrigation canals in the Saratov Volga region and ways to increase their efficiency / F.K. Abdrazakov, K.I. Churkina // Agrarian Scientific Journal, 2020, No. 4, P. 68-70. EDN: KMSNXL
7. Abdrazakov F.K. Resource-saving technologies and machines for the intensification of meliorative production (scientific monograph) // Saratov State University Agricultural University named after N.I. Vavilov. – Saratov, 2019. 164 p. EDN: PARGMX
8. Erokhina K.K. Causes of pollution of reservoirs and a new method of purification using bacteria / K.K. Erokhina Yu.S. Shabalina, Yu.A. Golovina / Proceedings of the V International Youth Environmental Forum. Forum materials. Edited by T.V. Galanina, M.I. Baumgarten. Kemerovo, 2021. P. 405-1-405-5
9. Korshikov A.A. Cutting devices of reclamation mowers (theory, design, calculation) // Novocherkassk State Land Reclamation Academy. Novocherkassk, 2007. 154 p.

10. Абдразаков Ф.К. Исследование процесса взаимодействия с грунтом криволинейных лопаток фронтальной фрезы мелиоративных экскаваторов / Ф.К. Абдразаков, А.В. Поваров // Научное обозрение, 2017, № 21, С. 75-78.

11. Абдулмажидов Х.А. Очистка мелиоративных каналов как средство поддержания урожайности сельскохозяйственного поля // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 105-13. С. 137-139. EDN: TQADVU

12. Тойгамбаев С.К. Выбор типов рабочих органов мелиоративных машин для очистки каналов / С.К. Тойгамбаев, Х.А. Абдулмажидов // Сельский механизатор. 2024. № 6. С. 28-30. DOI: 10.47336/0131-7393-2024-6-28-29-30

13. Абдулмажидов Х.А. Использование теории графов при формировании оптимальных комплексов мелиоративных каналоочистительных машин / Х.А. Абдулмажидов, В.И. Балабанов, Н.Б. Мартынова // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 169-185. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-169-185>

14. Сметанин В.И. Очистка и дноуглубление русел рек // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 4. С. 12-17. EDN: VUZURX

15. Севрюгина Н.С. Коллаборативные роботизированные средства экологического оздоровления водных объектов / Н.С. Севрюгина, А.Ю. Фомин, А.С. Апатенко // Природообустройство. 2024. № 5. С. 14-20. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-14-20>

16. Абдразаков Ф.К. Полевые исследования машин для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности / Ф.К. Абдразаков, Д.А. Соловьев, Д.Г. Горюнов, С.А. Анисимов // Аграрный научный журнал. 2014. № 12, С. 51-55. EDN: TBUMVB

17. Дианов Х.А. Анализ развития рабочих органов отвалного типа землеройно-транспортных машин / Х.А. Дианов, Ш.А. Умаров, К.В. Гончар // Транспортное строительство. Сборник статей всероссийской научно-технической конференции. Москва, 2020. С. 161-172. EDN: IPGMDA

18. Баловнев В.И. Землеройные орудия и машины в дорожном строительстве / В.И. Баловнев, Р.Г. Данилов // Строительные и дорожные машины. 2018. № 9. С. 28-36. EDN: VPRENY

10. Abdrazakov F.K. Investigation of the interaction process with the soil of curved blades of a frontal milling cutter of reclamation excavators / F.K. Abdrazakov, A.V. Povarov // Scientific Review, 2017, No. 21, P. 75-78.

11. Abdulmazhidov Kh.A. Cleaning of reclamation channels as a means of maintaining agricultural field productivity // Trends in the development of science and education. 2024. No. 105-13. P. 137-139. EDN: TQADVU

12. Toygambayev S.K. The choice of types of working bodies of reclamation machines for cleaning channels / S.K. Toygambayev Kh.A. Abdulmazhidov // Rural mechanizer. 2024. No. 6. P. 28-30. DOI: 10.47336/0131-7393-2024-6-28-29-30.

13. Abdulmazhidov Kh.A. The use of graph theory in the formation of optimal complexes of reclamation channel cleaning machines / Kh.A. Abdulmazhidov, V.I. Balabanov, N.B. Martynova // Land reclamation and hydraulic engineering. 2022. Vol. 12, No. 4. P. 169-185. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-169-185>

14. Smetanin V.I. Cleaning and dredging of riverbeds // Melioration and water management. 2022. No. 4. P. 12-17. EDN: VUZURX

15. Sevryugina N.S. Collaborative robotic means of ecological rehabilitation of water bodies / N.S. Sevryugina A.Yu. Fomin, A.S. Apatenko // Prirodoobustroystvo. 2024. No. 5. P. 14-20. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-14-20>

16. Abdrazakov F.K. Field studies of machines for cleaning reclamation channels and fire-fighting watercourses from woody and shrubby vegetation / F.K. Abdrazakov, D.A. Solovyov, D.G. Goryunov, S.A. Anisimov // Agrarian Scientific Journal, 2014, No. 12, P. 51-55. C. 51-55. EDN: TBUMVB

17. Dianov Kh.A. Analysis of the development of dump-type working bodies of earthmoving and transport machines / Kh.A. Dianov Sh.A. Umarov, K.V. Gonchar // Transport construction. Collection of articles of the All-Russian Scientific and Technical Conference. Moscow, 2020. P. 161-172. EDN: IPGMDA

18. Balovnev V.I. Earthmoving tools and machines in road construction / V.I. Balovnev, R.G. Danilov // Construction and road machinery. 2018. No. 9. P. 28-36. EDN: VPRENY

Об авторах

Виктор Алексеевич Волосухин, д-р техн. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, эксперт РАН, директор Института безопасности ГТС, AuthorID: 290467; <https://orcid.org/0000-0001-9029-7802>; director@ibgts.ru

Александр Васильевич Михеев, канд. техн. наук, доцент, AuthorID: 761810; <https://orcid.org/0000-0003-2846-2437>; avmich@mail.ru

Яков Викторович Волосухин, генеральный директор ИКЦ «Безопасность ГТС», AuthorID: 518466; safety@ibgts.ru

Антон Витальевич Головкин, студент, 907900@bk.ru

About the authors

Viktor A. Volosukhin, D.Ss (Tech), Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Expert of the Russian Academy of Sciences, Director of the GTS Security Institute, AuthorID: 290467; <https://orcid.org/0000-0001-9029-7802>; director@ibgts.ru

Alexander V. Mikheev, CSs (Tech), Associate Professor, AuthorID: 761810; <https://orcid.org/0000-0003-2846-2437>; avmich@mail.ru

Yakov V. Volosukhin, General Director of the ICC "GTS Security", AuthorID: 518466; safety@ibgts.ru.

Anton V. Golovko, student, 907900@bk.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Волосухин В.А., Михеев А.В., Волосухин Я.В., Головкин А.В. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

Вклад авторов / Contribution of authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 23.03.2025

Поступила после рецензирования / Received after peer review 21.08.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 21.08.2025

Volosukhin V.A., Mikheev A.V., Volosukhin Ya.V., Golovko A.V. performed practical and theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have copyright on the article and are responsible for plagiarism