

УДК 631.626

А.В. МИХЕЕВ

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ЗОНЕ ОРОШЕНИЯ

Одной из важнейших задач в настоящее время является разработка и совершенствование технологии и средств механизации очистки закрытого горизонтального дренажа. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований были разработаны низконапорная технология очистки закрытого горизонтального дренажа, дренапромывочный агрегат АДПН-250, а также обоснованы основные параметры дренапромывочного устройства.

Ключевые слова: низконапорная технология, дренапромывочное устройство, напор в камере дренапромывочного устройства, расход, угол наклона отверстий, диаметр, размывающая скорость.

Введение. Опыт эксплуатации закрытого горизонтального дренажа (ЗГД) во многих регионах страны показывает, что только регулярно проводимые ремонтно-эксплуатационные работы обеспечивают его нормальное функционирование. Качество этих работ напрямую зависит от технических возможностей применяемых машин, а также от уровня механизации основных технологических операций.

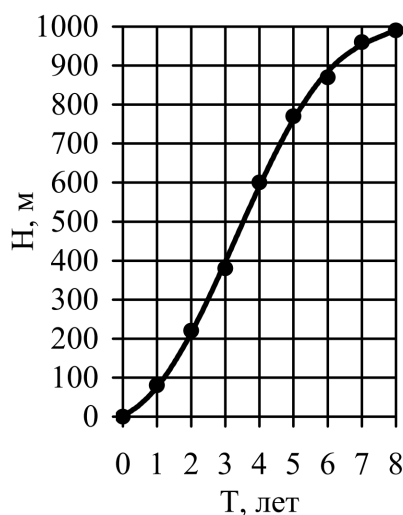


Рис.1. Зависимость необходимого напора воды H для размыва илистых отложений от времени T их нахождения в дренах при эксплуатации по существующей технологии

Одной из важнейших задач в настоящее время является разработка и совершенствование технологии очистки дрен ЗГД, обеспечивающей повышение производительности применяемой техники и эффективность этих работ, а также снижение энергоемкости их производства и стоимости.

Как известно, плотность отложений в дрене со временем увеличивается [1-3], а следовательно, возрастает и напор воды, необходимый для их размыва (рис.1). Поскольку в зоне орошения ремонтно-эксплуатационные работы на ЗГД проводятся один раз в 7-10 лет (по существующей технологии), то необходимый напор воды для размыва отложений достигает 1000 м.

Проведение на дренаже регулярных ремонтно-эксплуатационных работ позволяет достичь существенной экономии материально-энергетических ресурсов. По предлагаемой нами усовершенствованной технологии (очистка один раз в год в первые три года работы дренажа с момента строительства, а затем через пять лет) необходимый напор воды для размыва отложений в дрене в первые три

года действия ЗГД изменяется от 80 до 20 м (рис.2). По истечении пяти лет эксплуатации дренажа без промывки требуемый напор воды вновь достигает 80 м. При этом напор воды на выходе из дренапромывочного устройства (ДПУ) составит в среднем 50 м, что соответствует низконапорному способу промывки дренажных труб (напор до 100 м).

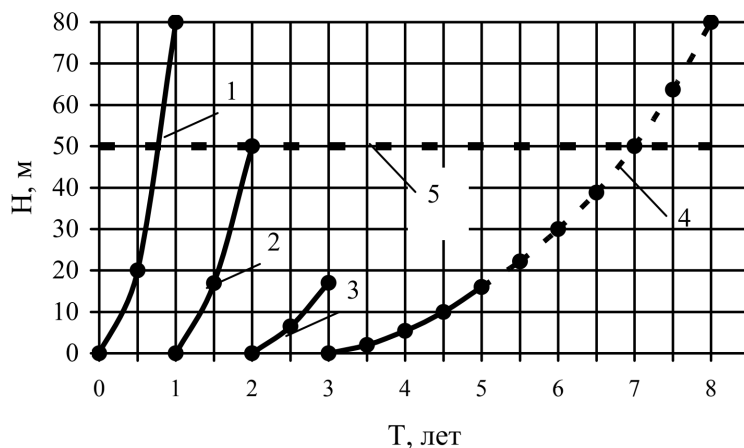


Рис.2. Изменение величины необходимого напора воды H для размытия илистых отложений от времени T их нахождения в дрене при регулярном проведении ремонтно-эксплуатационных работ: 1 – в течение 1-го года эксплуатации дренажа; 2 – в течение 2-го года эксплуатации дренажа; 3 – в течение 3-го года эксплуатации дренажа; 4 – после 5 лет эксплуатации дренажа при регулярных промывках в первые 3 года; 5 – средняя величина напора воды

Расчет параметров усовершенствованного низконапорного дренапромывочного устройства. В связи с этим одной из важнейших задач является разработка и совершенствование низконапорных дренапромывочных машин, рабочим органом которых является дренапромывочное устройство.

К основным параметрам ДПУ относятся:

- диаметр насадки по центрам размывающих отверстий d_n ;
- диаметр радиальных отверстий $d_{ор}$;
- диаметр тангенциальных отверстий $d_{от}$;
- угол наклона радиальных отверстий β_i ;
- угол наклона тангенциальных отверстий α .

Для определения вышеперечисленных параметров сделаем следующее допущение: ось дрены совпадает с осью ДПУ (рис.3). Так как определяющим фактором для высокоэффективной очистки дрен является размывающая скорость струи $V_{др}$ становится очевидным, что необходимо достигать заданной скорости струи при минимально возможном напоре в камере ДПУ. Анализируя известные из гидравлики зависимости [4]:

$$V_0 = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

$$l_0 = 6d_0, \quad (2)$$

$$V_l = 6 \frac{V_0 d_0}{l}, \quad (3)$$

где V_0 – осяевая скорость в начальном участке струи, т.е. при выходе из отверстия; φ – коэффициент скорости; g – ускорение свободного падения; H – напор перед отверстием; l_0 – длина начального участка струи; d_0 – диаметр струи в начальном сечении; V_l – осяевая скорость в сечении, отстоящем от начального на расстоянии l ,

приходим к выводу о том, что с увеличением расстояния l осяевая скорость струи уменьшается, а это означает, что для обеспечения заданной размывающей скорости струи V_p на расстоянии $l > l_0$ необходимо увеличивать напор в камере ДПУ. Следовательно, для обеспечения заданной размывающей скорости струи при минимально возможном напоре необходимо использовать начальный участок струи.

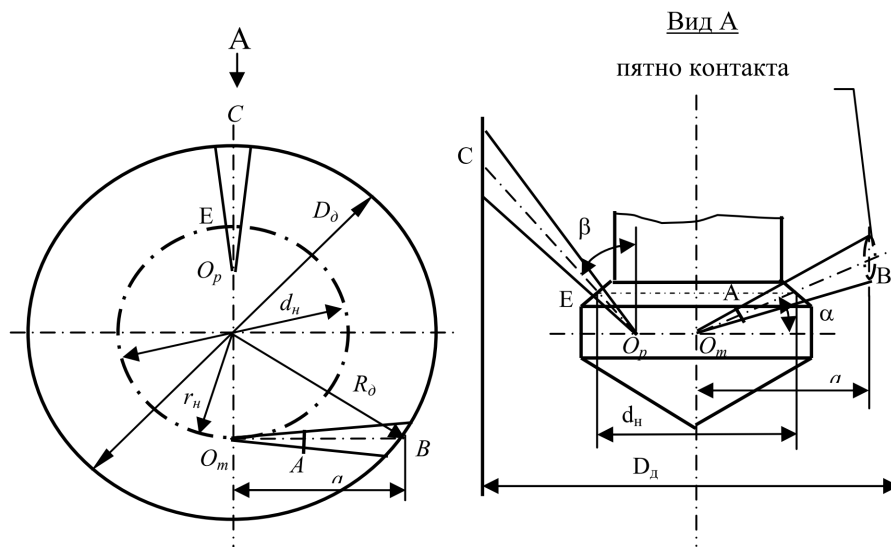


Рис.3. Схема к определению диаметра радиальных и тангенциальных струй дренапромывочного устройства

Тогда, рассмотрев расчетную схему (см.рис.3), для радиальных струй с учетом того, что $l_{0p} = 6d_{0p}$ получим следующую зависимость:

$$d_{0p} = \frac{D_\partial - d_n}{12 \sin \beta}, \quad (4)$$

где D_∂ – диаметр дренажной трубы; l_{0p} – длина начального участка радиальной наклоненной струи.

Рассматривая случай тангенциальной наклоненной струи с учетом $l_{0m} = 6d_{0m}$, определяем расстояние a как катет прямоугольного треугольника со сторонами R_∂ , r_n и a :

$$a = \sqrt{R_\partial^2 - r_n^2}. \quad (5)$$

Расстояние O_7B определяем как сумму длины цилиндрической части тангенциального отверстия и длины начального участка струи:

$$O_m B = 3d_{0m} + l_{0m} = 9d_{0m}. \quad (6)$$

Кроме того, расстояние O_7B можно определить иначе, а именно:

$$O_m B = \frac{a}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{R_d^2 - r_n^2}}{\cos \alpha}. \quad (7)$$

Тогда, приравняв правые части выражений (6) и (7), получим следующее:

$$9d_{0m} = \frac{\sqrt{R_d^2 - r_n^2}}{\cos \alpha}, \quad (8)$$

где $l_{от}$ – длина начального участка тангенциальной наклоненной струи; R_d – радиус дренажной трубы; r_n – радиус насадка по центрам размывающих отверстий; $3d_{от}$ – длина цилиндрической части тангенциальных наклоненных отверстий.

После ряда математических преобразований получим зависимость для определения диаметра тангенциальной наклоненной струи

$$d_{0m} = \frac{\sqrt{D_d^2 - d_n^2}}{18 \cos^2 \alpha}. \quad (9)$$

Из зависимостей (4) и (9) можно найти диаметр насадка (ДПУ) по центрам размывающих отверстий:

$$d_n = D_d - 12d_{0p} \sin \beta; \quad (10)$$

$$d_n = \sqrt{D_d^2 - 324d_{0m}^2 \cos^2 \alpha}. \quad (11)$$

Наибольшее распространение в зоне орошения получили полиэтиленовые, гофрированные дренажные трубы диаметром $D_d=100$ мм. В связи с этим необходимо исследовать основные параметры дренопромывочного устройства для очистки дренажных труб диаметром 100 мм. В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований было установлено, что оптимальная размывающая скорость $V_p = 26,6$ м/с, а угол наклона струи для радиальных струй $\beta = 40^\circ$; для тангенциальных струй, с учетом создания максимального крутящего момента и эффективной очистки гофра дренажной трубы, угол наклона струи $\alpha = 0$. Тогда, рассматривая частный случай, можно определить величину напора перед размывающим отверстием из зависимости (1)

$$H = \frac{V_p^2}{\varphi^2 2g}. \quad (12)$$

Исходными данными для расчета диаметра радиального отверстия d_{op} будут являться следующие параметры: диаметр дренажной трубы $D_d=100$ мм; размывающая скорость $V_p=26,6$ м/с; напор перед размывающим отверстием $H=40$ м; угол наклона струи $\beta = 40^\circ$. Расход воды Q из отверстия определяем по формуле

$$Q = \mu \frac{\pi d_{0p}^2}{4} \sqrt{2gH}, \quad (13)$$

где μ – коэффициент расхода; ω – площадь отверстия.

Но для выполнения расчета необходимо определить диаметр насадка по центрам размывающих отверстий d_n . Анализируя зависимости (10) и (13), можно прийти к выводу о том, что с увеличением диаметра размывающего отверстия d_{op} расход из отверстия увеличивается, а диаметр насадка по центрам размывающих отверстий d_n уменьшается.

Одной из важных задач на данном этапе исследований является определение рационального диаметра радиального наклоненного отверстия. Для этого рассмотрим зависимости (4) и (6), так как в качестве исходных данных заданы значения H и β , а g есть величина постоянная. Вышеуказанные зависимости можно представить в виде

$$Q = a'd_{0p}^2 \quad \text{и} \quad d_n = D_\delta - b'd_{0p}, \quad (14)$$

где $a' = \frac{\mu\pi\sqrt{2gH}}{4} = \text{const}$ – постоянная величина; $b' = 12\sin\beta = \text{const}$ – постоянная величина.

Для выявления рационального значения диаметра d_{0p} необходимо ввести следующие ограничения: максимальное значение диаметра насадка по центрам размывающих отверстий $d_n^{\max} = D_\delta = 100\text{мм}$ при $d_{0p}^{\min} = 0$; минимальное значение $d_n^{\min} = 0$ при $d_{0p}^{\max} = 13\text{мм}$ и $Q^{\max} = 2,79\text{л/с}$. Сложив зависимости (14), получаем целевую функцию

$$F = ad_{0p}^2 - bd_{0p} + D_\delta, \quad (15)$$

где $a = \frac{a'}{Q^{\max}}$ – постоянная относительная величина по расходу;

$b = \frac{b'}{d_n^{\max}}$ – постоянная относительная величина по диаметру насадка.

Взяв первую производную от целевой функции и приравняв ее к нулю, можно найти рациональное значение диаметра радиальной струи (рис.4):

$$F' = 2ad_{0p} - b = 0 \Rightarrow d_{0p} = \frac{b}{2a} = \frac{D_\delta}{24\sin\beta} = 6,5\text{мм}. \quad (16)$$

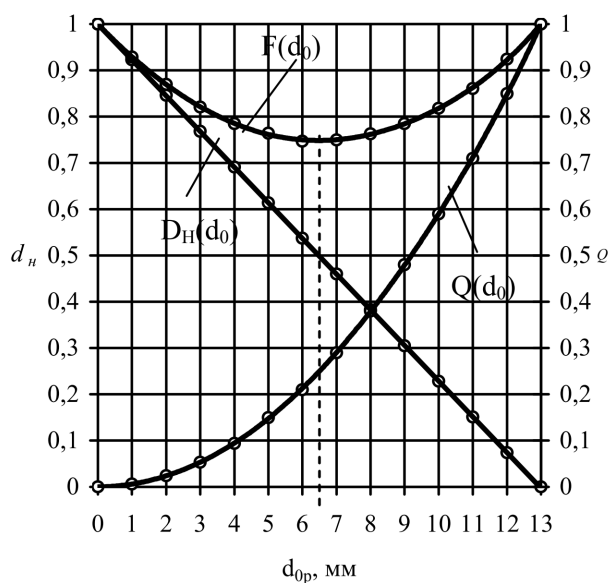


Рис.4. Обоснование рационального диаметра радиального наклоненного отверстия d_{0p} при $l_{0p} = 6d_{0p}$

Установив величину рационального диаметра радиального наклонного отверстия $d_{0p}^{pac} = 6,5 \text{ мм}$, можно из зависимости (10) определить рациональный диаметр насадка по центрам размывающих отверстий, $d_n^{pac} = 50 \text{ мм}$, а из зависимости (9) – рациональный диаметр тангенциального отверстия, $d_{0m}^{pac} = 4,8 \text{ мм}$.

Но при условии использования начального участка размывающей струи уменьшается необходимый напор воды перед размывающими отверстиями, а расход при этом будет максимальным. Следовательно, удельные энергетические показатели (N/Q) будут низкими (N – мощность, развиваемая струей воды). Уменьшение диаметра радиального отверстия приводит к уменьшению расхода, а напор при этом будет увеличиваться. Исходя из этого, необходимо уточнить диаметр рационального радиального наклонного отверстия d_n^{pac} в зависимости от H и Q с целью снижения расхода воды.

Размывающая скорость $V_p = 26,6 \text{ м/с}$, напор перед отверстием $H = 40 \text{ м}$, диаметр насадка по центрам размывающих отверстий $d_n = 50 \text{ мм}$, длина полета струи $l_{0p} = 6d_{0p}^{pac} = 39 \text{ мм}$, тогда скорость струи на расстоянии l от начального участка (см. ур-ние (3))

$$V_l = \varphi \sqrt{2gH} \frac{d_{0p}}{d_{0p}^{pac}} = V_p. \quad (17)$$

Из зависимости (17) получаем

$$H = \frac{V_p^2 d_{0p}^{pac2}}{2g\varphi^2 d_{0p}^2} \Rightarrow H = \frac{c'}{d_{0p}^2}, \quad (18)$$

где $c' = \frac{V_p^2 d_{0p}^{pac2}}{2g\varphi^2} = const$ – постоянная величина.

Подставив значение $H = \frac{c'}{d_{0p}^2}$ в формулу (13), получим

$$Q = \mu \frac{\pi d_{0p}}{4} \sqrt{2gc'} \Rightarrow Q = e' d_{0p}, \quad (19)$$

где $e' = \frac{\mu \pi V_p d_{0p}^{pac}}{4\varphi} = const$ – постоянная величина.

Для выявления уточненного значения рационального диаметра d_{0p} вводим следующие ограничения: максимальное значение напора перед отверстием $H^{max} = 100 \text{ м}$ (принято из условия применения низконапорного способа промывки дренажных труб), а максимальный расход $Q^{max} = 0,7 \text{ л/с}$ при $H = 40 \text{ м}$ и $d_{0p} = 6,5 \text{ мм}$. Сложив зависимости (18) и (19), получим целевую функцию

$$F = c \frac{1}{d_{0p}^2} + e d_{0p}, \quad (20)$$

где $c = \frac{c'}{H_{\max}}$ – постоянная относительная величина по напору;

$e = \frac{e'}{Q_{\max}}$ – постоянная относительная величина по расходу.

Взяв первую производную от целевой функции и приравняв ее к нулю, находим уточненное значение диаметра радиальной струи (рис.5):

$$F' = -\frac{2c}{d_{0p}^3} + e = 0 \Rightarrow d_{0p} = \sqrt[3]{\frac{2c}{e}} = \frac{D_{\delta}}{24 \sin \beta} \sqrt[3]{\frac{H}{50}} = 6,0 \text{ мм.} \quad (21)$$

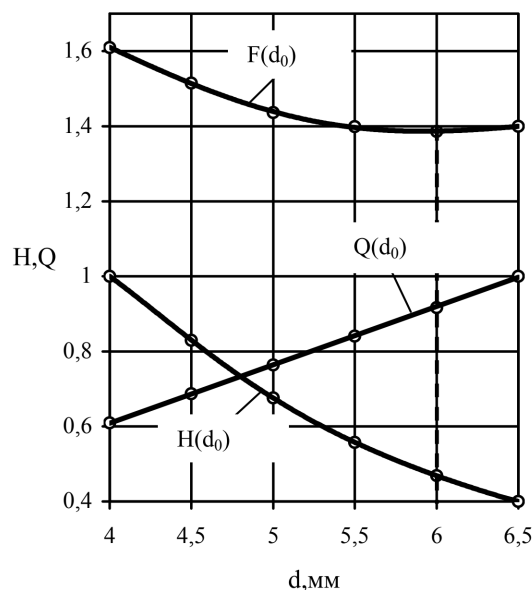


Рис.5. Уточненный диаметр рационального отверстия

Тогда необходимо уточнить и напор перед размывающим отверстием $H^{pac}=47\text{м}$, после чего уточняем диаметр тангенциальной струи:

$$H = \frac{V_p^2 d_{0m}^{pac2}}{2g\varphi^2 d_{0m}^2} \Rightarrow d_{0m} = \sqrt{\frac{V_p^2 d_{0m}^{pac2}}{2g\varphi^2 H^{pac}}} = 4,5 \text{ мм.} \quad (22)$$

В результате проведенных теоретических исследований установлено, что рациональные параметры ДПУ должны иметь следующие значения: напор перед отверстием $H^{pac}=47\text{м}$, диаметр радиального наклоненного отверстия $d_{0p}=6,0\text{мм}$, диаметр тангенциального отверстия $d_{0r}=4,5\text{мм}$ (для активного ДПУ).

Дренопромывочный агрегат АДПН–250. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований в Новочеркасской государственной мелиоративной академии разработан низконапорный дренопромывочный агрегат АДПН-250, имеющий в комплекте два активных дренопромывочных устройства: одно со струями фронтального, а другое - со струями реактивного действия, обеспечивающих эффективную очистку

внутренней полости дренажных труб. В комплект также входят шлангоподающее устройство и поддон-отстойник для очистки дренажных колодцев от илистых отложений и крупногабаритного мусора.

Чтобы исключить одну из наиболее трудоемких операций в существующей технологии - отрывку дополнительного шурфа по трассе дрены, необходимо было увеличить дальность промывки дренажной трубы с одной позиции. Наши исследования показали, что длина промываемой части дрены с одной позиции зависит как от диаметра водоподающего шланга, так и от сопротивления на перемещение ДПУ внутри дрены. Применение шланга диаметром 25 мм позволяет преодолевать расстояние 250-275 м, что исключает отрывку дополнительных шурфов по трассе дрены, так как расстояние между смежными дренажными колодцами по СНиПу составляет 500 м. При этом тяговое сопротивление достигает 0,2 кН, которое успешно преодолевается благодаря применению специально разработанного шлангоподающего устройства.

Достоинством дренопромывочного агрегата АДПН-250 является применение низконапорной (напор до 100 м) технологии очистки внутренней полости дренажных трубопроводов от илистых отложений без отрывки дополнительных шурфов по трассе дрены (таблица).

Сравнительная техническая характеристика АДПН-250

Параметры	Базовая машина ПДТ-125	Новый агрегат АДПН-250
Производительность, м/ч	35	175
Рабочий напор, м	300	80
Дальность промывки, м	125	250
Число проходов по одному участку дрены	4	1
Скорость подачи в ДПУ, м/с	0,25	0,1
Удельный расход воды, л/м	75	33

Работы по очистке ЗГД выполняют в следующей последовательности. Вначале очищают дренажные колодцы от илистых отложений и крупногабаритного мусора с помощью поддона-отстойника, а затем приступают к промывке дренажных труб (без отрывки шурфов по трассе дрены). Работы по промывке начинают с верхнего колодца с помощью ДПУ со струями фронтального действия. Пройдя 250-275 м (50-55%) длины дренажной трубы, ДПУ извлекают из дрены и продолжают промывку с низового колодца ДПУ со струями реактивного действия. На заключительном этапе повторно очищают поддоны-отстойники, так как они могут частично заилиться в процессе промывки дренажных труб.

Применение низконапорного дренопромывочного агрегата АДПН-250 со специальными ДПУ фронтального и реактивного действия снижает расход воды на промывку 1 м дрены с 70 до 33 л.

Выводы. Выполнение работ по очистке закрытого горизонтального дренажа согласно усовершенствованной технологии в целом позволяет полностью механизировать основные технологические операции и повысить производительность комплекса машин с 35 м/ч по существующей технологии до 175 м/ч, а также увеличить протяженность промытых участков труб с одной позиции со 125 до 250-275 м, что позволяет также исключить отрыв-

ку дополнительных шурфов по трассе дрены и снизить себестоимость промывки 1 м дрены с 141 до 44 руб.

Применение предлагаемой нами низконапорной технологии в комплексе с дренапромывочным агрегатом приводит к снижению общих затрат по сравнению с существующей технологией с 3948000 до 1232000 руб, при этом за один и тот же период времени (8-10 лет) по существующей технологии промывку производят один раз, а по предлагаемой – 4 раза.

Библиографический список

1. Лисконов А.Т., Бредихин Н.Н., Савчук Д.П. Закрытый дренаж на орошаемых землях. – Изд-во Краснодар. ун-та, 1992. – 288 с.
2. Горизонтальный дренаж орошаемых земель / В.А. Духовный, М.Б. Баклушин, Е.Д. Тomin, Ф.В. Серебrenников. – М.: Колос, 1979. – 255 с.
3. Хруцкая З.Я. Заиливание дренажа железистыми соединениями. – М.: Колос, 1970. – 96 с.
4. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И. Гидравлика. – М.: Энергия, 1964. – 351 с.

Материал поступил в редакцию 06.07.05.

A.V. MIKHEEV

TRENDS OF INTEGRATED – MECHANIZED WORKS ON EXPLOITATION OF CLOSED HORIZONTAL DRAINAGE IN IRRIGATION AREA

The development and improving of practice and mechanical means of closed horizontal drainage purification is one of the most important problems nowadays. The low head practice of closed horizontal drainage purification and drain cleaner UDCL-250 were developed as a result of caring out theoretical and experimental researches and the main parameters of drain cleaner unit were also substantiated.

МИХЕЕВ Александр Васильевич (р. 1973), кандидат технических наук (1998), доцент (2002) кафедры «Агропромышленные машины и оборудование» Новочеркасской государственной мелиоративной академии. Окончил Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт (1995).

Научные интересы: технологии, средства механизации и рабочие органы машин для строительства и эксплуатации дренажа в зоне орошения.

Имеет 47 публикаций (в том числе 3 учебных пособия, 1 учебник, 2 патента).