

Государственный концерн по водохозяйственному строительству
"Водстрой"

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ САБИРИ

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ ИМЕНИ
В.Д.ЖУКИНА (САБИРИ)

На правах рукописи

Усманов Шавкат Аббасович

УДК 626.862.4:633.18

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАКРЫТОГО
ДРЕНАЖА НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Специальность 06.01.02 – мелиорация и орошаемое
земледелие

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Научно-производственном объединении САШИРИ (НПО САШИРИ).

Научные руководители: кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник
В.Г.Насонов

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
И.А.Закс

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
М.Зияходжаев

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Р.Икрамов

Ведущая организация: Всесоюзный проектно-исследовательский институт по проектированию рисовых систем "Совзгипропрот"

Защита диссертации состоится 27 февраля 1992 года в 14⁰⁰ час. на заседании Специализированного Совета по присуждению ученой степени доктора наук при НПО САШИРИ по адресу: 700187 город Ташкент, массив Карасу-4 дом II, НПО САШИРИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке САШИРИ.

Автореферат разослан 20 января 1992 года.

Ученый секретарь
Специализированного Совета
Д.099.02.01
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

Махмудов Э.Ж.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из важнейших резервов повышения производства валовой сельхозпродукции на рисовом комплексе является улучшение мелиоративного состояния земель, сохранение и рост почвенного плодородия, достигаемое путем повышения технического уровня рисовых оросительных систем на основе полной или частичной их реконструкции – переустройство рисовой системы на качественно новом инженерно-мелиоративном уровне с улучшением мелиоративного состояния почв и повышения водообеспеченности.

В первую очередь наибольший эффект на рисовых оросительных системах обеспечивает строительство закрытого горизонтального дренажа. Открытая коллекторно-дренажная сеть, сыгравшая в свое время значительную роль в подъеме урожайности риса, к настоящему времени исчерпала свои возможности из-за целого ряда свойственных ей недостатков (снижение $K_{\text{З}}$, оплывание откосов и т.д.). Кроме того, экономические характеристики (капитальные затраты на строительство и эксплуатацию открытого или закрытого горизонтального дренажа в зависимости от их глубины) во многом будут определять эффективность вложений в мелиорацию рисовых оросительных систем. Поэтому на современном этапе сельскохозяйственного производства необходимо отыскания таких параметров рисовых систем, которые обеспечат наибольший хозяйственный эффект при минимальных затратах водных, земельных, материально-технических ресурсов. В связи с этим нами разработан принципиально новый способ расчета дренажа, позволяющий учесть выделенные условия.

Цель и задачи исследования. Создание экономико-математической модели по расчету параметров закрытого горизонтального дренажа на рисовых оросительных системах с учетом реальных капитальных затрат на строительство и эксплуатацию как закрытого горизонтального дренажа, так и коллекторов-водоприемников различного порядка.

Для ее достижения были поставлены и решены следующие основные задачи:

- установление закономерностей формирования урожая риса от интенсивности дренирования и мелиоративного состояния;
- анализ природных и ирригационных условий районов рисосеяния низовьев рек Амударья, Сырдарья и Краснодарского края;
- установление зависимости приведенных затрат на строительство и эксплуатацию коллекторно-дренажных систем от их глубины;

- установление предельно-допустимых уклонов коллекторно-дренажных систем в зависимости от расхода воды ;
- разработка математической модели оптимизации параметров дренажа и ее программное обеспечение ;
- определение оптимальных параметров закрытого горизонтального дренажа для основных природно-хозяйственных условий объектов исследования.

Объект исследований. Объектом исследования явились рисовые оросительные системы, расположенные в низовьях реки Амударьи и Сырдарьи, а также Краснодарского края.

Научная новизна. Обоснование необходимости расчета параметров закрытого горизонтального дренажа на рисовых оросительных системах на базе осуществления оптимизационных технико-экономических расчетов.

Практическая ценность. Создание экономико-математической модели и ее программное обеспечение, позволяющее применять модель в практике проектирования закрытого горизонтального дренажа на рисовых системах.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методика расчета оптимальных параметров закрытого горизонтального дренажа на рисовых оросительных системах ;
- зависимости урожайности риса от основных мелиоративных факторов ;
- зависимость капитальных затрат на строительство и эксплуатацию коллекторно-дренажных систем от их глубины ;
- предельно-допустимые уклоны закрытого горизонтального дренажа и открытых коллекторов ;
- оптимальные параметры закрытого горизонтального дренажа на объектах исследований.

Апробация. Основные положения диссертационной работы освещены в "Сборниках научных трудов САГПИРИ" (1988, 1990 гг.), доложены и получили одобрение на практической конференции молодых ученых и специалистов-мелиораторов "Проблемы мелиорации, водохозяйственного строительства и орошаемого земледелия Ставропольского края" (Ставрополь - 1989) на УІ научно-технической конференции молодых специалистов (п.Рыбачье - 1989), на Всесоюзной конференции молодых ученых-рисоводов, посвященной 60-летию академика ВАСХИМЛ Е.И.Алешина (Краснодар - 1991), на Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов "Вопросы водохозяйственного строительства мелиорации использования и

охраны водных ресурсов" (Ереван - 1991), на заседаниях Ученого Совета секции мелиорации и водосберегающей технологии САИИРИ (1987-1991 гг.), на технических советах Госкомводхоза УзССР (1989) и ССО "Аралводстрой" (1989).

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов и предложений, списка литературы из 82 наименований и приложения. Работа изложена на 110 страницах машинописного текста, содержит 18 таблиц и 29 рисунков.

С о д е р ж а н и е р а б о т ы

В первой главе показана изученность эффективности закрытого горизонтального дренажа на рисовых оросительных системах. Вопросами совершенствования конструкции рисовых оросительных систем занимались Л.В.Скрипчинской, П.А.Витта, В.Б.Зайцева, М.А.Андрюкина, Э.А.Коледа, В.А.Попова, Ю.Н.Полякова, В.А.Духовного, П.Сапарова и другие, несмотря на это, к настоящему времени универсальной конструкции рисовой системы не существует. Наиболее распространенные и широкоприменяемые конструкции - это карта Краснодарского типа (ККТ), рисовая система Кубанская и карто-чеки широкого фронта затопления и сброса (КЧШЗ).

Особое место в конструкции рисовой системы занимает дренаж. Вопросами изучения, обоснования и расчетов дренажа на рисовых системах в нашей стране, занимались: Х.А.Ахмедов, П.А.Беседнев, А.С.Варунцян, Н.А.Веригин, Р.В.Волобуев, А.Н.Костяков, А.И.Голованов, А.А.Рачинский, В.А.Духовный, А.Р.Рамазанов, А.Г.Рау, В.М.Шестаков, Ф.М.Рахимбаев, Э.Ф.Тулякова, В.В.Величко, А.Я.Олейник, Л.В.Круглов, Ш.Х.Бегишев и другие.

В этих работах отмечено, что одним из важнейших вопросов при проектировании и строительстве горизонтального дренажа является определение оптимальной глубины его заложения, с которой связаны уровень грунтовых вод, междреннее расстояние, удельная и общая протяженность дренажной сети. Однако, несмотря на это, в настоящее время нет единого мнения по расчету параметров дренажа. Большой опыт эксплуатации закрытого горизонтального дренажа на суходольных культурах и на рисовых оросительных системах показал, что переход в рисовом комплексе на применение закрытого горизонтального дренажа взамен открытого неизбежен, о чем свидетельствуют проведенные в последние годы исследования многочисленных авторов.

Во второй главе на основании проектно-испытательских мате-

риалов институтов "Союзгипрорис", "Средазгипроводхлопок", "Кубань-гипроводхоз" дан анализ природно-хозяйственных условий, рассматриваемых регионов. В целом природно-климатические условия рассматриваемых зон благоприятны для выращивания риса. Однако, имеющиеся существенные различия в литологическом строении, почвах, климате этих зон определяют сохранение единых методических подходов к расчетам параметров дренажа. Поэтому для дальнейшего повышения эффективности рисовых оросительных систем необходимо разработать методику расчета параметров закрытого дренажа с учетом этих различий.

В третьей главе приведена методика расчета оптимальных параметров закрытого горизонтального дренажа на рисовой оросительной системе.

Обобщая данные многолетних исследований (Попов В.А., Голованов А.И., Бегиев Ш.Х.) сформулирован ряд требований, предъявляемых к дренажу на рисовых системах:

- в период вегетации обеспечить вертикальные нисходящие фильтрационные токи;
- после сброса воды - ускоренное осушение рисовых чеков для уборки урожая в оптимальные сроки;
- в невегетационный период поддерживать залегание уровня грунтовых вод, на глубинах, способствующих повышению плодородия рисовых почв;
- обеспечить возможность проведения весенних работ в оптимальные сроки;
- защита суходольных культур рисового севооборота от подтопления и засоления;
- при возделывании риса на засоленных землях обеспечить искоренение рассоления земель;
- при орошении минерализованной водой предотвратить снижение урожайности риса и сопутствующих культур;
- обеспечить снижение затрат оросительной воды;
- выполнять почво-природоохранные функции.

В соответствии с перечисленными нередко противоречивыми требованиями к дренажу на рисовой системе существует немало предложений по расчету параметров дренажа на рисовых системах (Попов В.А., Олсйник А.Я., Бегиев Ш.Х.) с обоснованием параметров дренажа по снижению уровня грунтовых вод после осушения чеков, уровню грунтовых вод в невегетационный период, темпам рассоления земель, величине вертикальной фильтрации в междуренья и т.д.

С другой стороны, эффективность дренажных мероприятий определяется не только затратами на дренаж, но приростами произведенной продукции с учетом экономических оценок водноземельных ресурсов и природоохранных мер.

Модели оптимизации параметров дренажа рисовой оросительной системы в соответствии с существующими представлениями могут рассматриваться на народнохозяйственном и хозяйственном уровнях. В обоих случаях критерий оптимальности параметров дренажа на рисовой оросительной системе будет соответствовать максимуму разности между стоимостью валовой продукции и приведенными затратами на строительство оросительной и коллекторно-дренажной сети с учетом экономических оценок водноземельных и трудовых ресурсов:

$$K' \alpha [\bar{x}_p Y_i (H_i, L_i) - \bar{x}_p \Delta Y_i' (H_i, L_i) - \bar{x}_p \Delta Y_i'' - C_x^E] + \frac{\theta}{\theta-1} [(\bar{x}_\theta \cdot Y_{\theta i}'' (H_i, L_i) - C_\theta) \beta_\theta K''] - [(\varepsilon_n K_i^{op} + C_i^{op}) + (\varepsilon K_i^{op} + C_i^{op})] \pm \sum_{s=1}^M \beta_s R_{si} \pm \sum \rho_{ki} P_{ik} \rightarrow \max \quad (I)$$

где: K_i^{op} - капитальные вложения на рисовую оросительную систему i -го варианта; K'' - капитальные вложения на коллекторно-дренажную сеть i -го варианта; C_i^{op} , C_θ - соответственно, затраты на эксплуатацию оросительной и дренажной сети i -го варианта; ε_n - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; R_{si} - используемые природные ресурсы i -го варианта; $\beta_s R_{sk}$ - экономические оценки природных ресурсов; β_n - экономические оценки n -го загрязнения природной среды; K - объемы k -го загрязнения природной среды; α - доля посевов риса в рисовом севообороте; $Y_i (H_i; L_i)$ - урожайности риса при проведении дренажных мероприятий i -го варианта; \bar{x}_p - экономическая оценка единицы сельхозпродукции; $\Delta Y_i'$ - потери урожайности риса из-за уборки в неоптимальные сроки в связи с плохой дренированностью рисового чека i -го варианта дренажа; Y_i'' - потери урожайности из-за несптимального залегания грунтовых вод в невегетационный период i -го варианта дренажа; $Y_{\theta i}''$ - урожайность θ -го вида сельхозкультуры в рисовом севообороте при i -варианте параметров дренажа; \bar{x}_θ - экономическая оценка единицы сельхозпродукции культуры θ -го вида; C_x^E , C_m - соответственно, издержки на выращивание риса и культуры рисового севооборота; K' - коэффициент, учитывающий предшественники риса 0,8-0,9; K'' - коэффициент, учитывающий рис предшественник 0,75-0,85.

Рассмотрим определение составляющих выражения (1). Установим связи между урожайностью риса и параметрами дренажа. Исследованиями последних лет выявлено, что урожайность риса в значительной степени зависит от величины вертикальной фильтрации воды в почву. В самом общем случае зависимость урожайности риса от скорости вертикальной фильтрации может быть представлена в виде:

$$\bar{y} = a_1 + b_1 \bar{V} + c_1 \bar{V}^2 + d_1 \bar{V}^3 \quad (2)$$

где: a_1, b_1, c_1, d_1 - эмпирические коэффициенты; $\bar{y} = \frac{y}{y_{max}}$ - относительная урожайность риса; $\bar{V} = \frac{V}{V_{opt}}$ - относительная вертикальная фильтрация; y_{max}, V_{opt} - максимальная урожайность и соответствующая ей фильтрация.

Величина и изменчивость вертикальной фильтрации определяется как глубиной заложения дренажа, так и междренним расстоянием. Кроме того, в связи с уклоном дрены и практически горизонтальной поверхностью чека, вертикальная фильтрация изменяется в направлении параллельном дренам:

$$V(x, y) = f(H, L, i_{gp})$$

где: $V(x, y)$ - скорость фильтрации у поверхности затопленной почвы, м/сут; H - глубина заложения дрены, м; L - междреннее расстояние; i_{gp} - уклон дрены; x, y - текущая координата от дрены к междренью.

Существует множество сочетаний глубины заложения междренного расстояния и соответствующего распределения скоростей фильтрации в междренях, а, следовательно, и возможного урожая.

Средний урожай в междренях в зависимости от скорости фильтрации может быть найден по следующей зависимости:

$$\bar{y} = \frac{1}{L} \left[a_1 L + b_1 \int_0^L \int_0^L V(x, y) dx dy + c_1 \int_0^L \int_0^L V^2(x, y) dx dy + d_1 \int_0^L \int_0^L V^3(x, y) dx dy \right] \quad (3)$$

Поскольку величина вертикальной фильтрации определяет максимально возможный урожай при неограниченных материальных и водных ресурсах, то величина вертикальной фильтрации регулируется соответствующим выбором глубины заложения дрены и междренным расстоянием. Для случая систематического дренажа скорости фильтрации у поверхности почвы затопленного рисового чека можно найти из известных решений (Голованов А.И., Попов В.А., Олейник А.Я.).

Одним из важнейших требований, предъявляемых к дренажу на рисовой системе, является обеспечение высоких скоростей снижения

уровня грунтовых вод после сброса воды с тем, чтобы обеспечить оптимальную влажность в корнеобитаемом слое и глубину грунтовых вод перед уборкой (Андрюшин А.М., Ипов В.А.). Оценка ущерба при этом основывается на потерях, связанных с затягиванием уборки урожая:

$$\Delta Y' = \alpha' + \beta'T + c'T^2 \quad (4)$$

где: $\Delta Y'$ - экономический ущерб от затягивания сроков уборки по сравнению с оптимальным, руб/га; T - время, сут.; α', β', c' - эмпирические коэффициенты.

Во многих работах устанавливается связь между глубиной залегания грунтовых вод в межвегетационный период и урожайностью риса (Попов В.А., Бегиев Ш.Х.), которую в самом общем случае можно оценить зависимостью вида:

$$y'' = \alpha'' + \beta''H + c''H^2 + d''H^3 \quad (5)$$

где: $\alpha'', \beta'', c'', d''$ - эмпирические коэффициенты.

Считается, что при близкой глубине залегания грунтовых вод происходит неполное окисление продуктов восстановления в почве, а при глубоком - происходит повышенная скорость вымывания органических веществ. Приведенные затраты на коллекторно-дренажную сеть на рисовой оросительной системе зависят от глубины заложения дренажа, междренних расстояний, диаметров и уклонов дрен, глубины, уклонов и поперечных сечений коллекторов при ограничениях на незаилающую и неразмывающую скорости, водоприемники. Эксплуатационные затраты также определяются сечениями и уклонами коллекторов, глубинами их заложения. Увеличение уклонов дрен приводит к снижению затрат на трубы, однако, увеличивает капитальные вложения на строительство коллекторов. Увеличение же уклонов коллекторов снижает эксплуатационные затраты, но увеличивает капитальные вложения, связанные с глубиной заложения коллекторов и водоприемников. Рассмотрим методику расчета приведенных затрат на строительство и эксплуатацию коллекторно-дренажной сети. Удельную стоимость строительства коллекторно-дренажной сети на единицу площади можно представить в следующем виде:

$$C_{кдс} = C_d + C_k \quad , \text{руб/м} \quad (6)$$

$$C_d = \left(\frac{C_1}{L} + \frac{C_2}{L} + \frac{C_3}{L} \right) \cdot 10^4 \quad , \text{руб/м} \quad (7)$$

$$C_k = \frac{1}{\omega} \cdot \sum_{j=1}^n C_{kj} \quad , \text{руб/м} \quad (8)$$

где: C_d - удельная стоимость строительства закрытого горизонтального дренажа; C_k - удельная стоимость строительства коллекторов; C_1 - стоимость одного погонного метра труб с фильтром; C_2 - удельная стоимость укладки дрены, руб/м; C_3 - стоимость сооружений на дрене, руб/шт.; L - междренные расстояния, м; ℓ - длина дрен, м; ω - орошаемая площадь, га.

При определении стоимости строительства дренажа учтено, что ширина траншеи, как правило, определяется типом дренаукладчика и оптимизации не подлежит. Анализ показывает, что стоимость труб с фильтром зависит от их диаметра и может быть представлена в виде:

$$c_1 = \alpha_2 + \beta_2 d + c_2 d^2, \text{ руб/м} \quad (3)$$

где: α_2, β_2, c_2 - эмпирические коэффициенты, значения которых определяются материалом трубы и фильтра.

Стоимость укладки I п.м. дренажа можно выразить так:

$$c_2 = \alpha_3 + \beta_3 H, \text{ руб/м} \quad (10)$$

где: α_3, β_3 - эмпирические коэффициенты, определяемые типом дренаукладочной машины и инженерно-геологическими условиями.

Выражая диаметр трубы через расход дрены в устьевой части, используя рекомендации работы (Мурашко А.М.) и связывая расход дрены с напором в междреньи, найдем приведенные затраты на строительство закрытого горизонтального дренажа на рисовой системе, выраженную через его диаметры

$$C_d = 10^4 \alpha \left[\alpha^* + \frac{8^2 (H_0 + \Delta h)^{0.578} \cdot K_1^{0.578} \cdot \rho^{0.578}}{73,44 L \varphi^{0.578} (L, H_0) \cdot i^{0.19}} + \frac{c_2 (H_0 + \Delta h)^{0.756} \cdot K_1^{0.756} \cdot \rho^{0.756}}{5393,43 L \varphi^{0.756} (H_0, L) \cdot i^{0.38}} + \frac{\beta_3 H}{L} \right] \quad (11)$$

где: Δh - глубина воды в рисовом чеке, м; H_0 - глубина заложения дрены от поверхности почвы до верха трубы

$$\alpha^* = \frac{a_2 + a_3}{L} + \frac{c_3}{L \ell}; \quad \alpha = \epsilon_n + \alpha^*$$

α^* - коэффициент, учитывающий ежегодные затраты на эксплуатацию дренажа; i - уклон дрены.

При определении стоимости строительства коллекторов необходимо иметь в виду, что в условиях массового строительства, унификации технологии строительства и параметров строительных машин обычно применяются стандартные размеры сечений коллекторов. Учитывая это обстоятельство, нормативные документы рекомендуют гид-

равлический расчет коллекторов проводит при расходе более 0,5 м³/с или при меньших расходах в случае превышения определенных уклонов зависящих от типа грунта.

Анализируя проектные материалы для открытых гидравлически нерассчитываемых коллекторов можно установить вид линейной зависимости, описывающей затраты на строительство коллекторов различного порядка в следующей форме:

- для внутрихозяйственных коллекторов .

$$C_{вх} = \alpha_{вх} + \beta_{вх} N_{вх}^{cp}, \text{ руб/м} \quad (12)$$

- для межхозяйственных коллекторов

$$C_{мх} = \alpha_{мх} + \beta_{мх} N_{мх}^{cp}, \text{ руб/м} \quad (13)$$

где: $N_{вх}^{cp}$, $N_{мх}^{cp}$ - глубины заложения соответственно внутрихозяйственного и межхозяйственного коллекторов; $\alpha_{вх}$, $\beta_{вх}$, $\alpha_{мх}$, $\beta_{мх}$ эмпирические коэффициенты, определяемые для каждого водохозяйственного региона.

Эксплуатационные затраты на обслуживание открытой коллекторно-дренажной сети рисовой оросительной системы связаны, главным образом, с поддержанием рабочей глубины и пропускной способности коллектора путем очистки его от зарастания и заиления при разрушении откосов и т.д. Поскольку коллектора различного порядка обладают характерными глубинами и поперечным сечением, то для анализа эксплуатационных затрат вполне достаточно ограничиться рассмотрением эксплуатационных затрат только от глубины коллектора, не рассматривая поперечные сечения. Хотя анализируемые зависимости имеют криволинейный характер, для рассматриваемых целей можно использовать линейные приближения в виде:

$$C_{экс} = \alpha_{экс} + \beta_{экс} N_{ср}, \text{ руб/м} \quad (14)$$

где: $C_{экс}$ - эксплуатационные затраты на очистку коллекторов, руб/м; $\alpha_{экс}$, $\beta_{экс}$ - эмпирические коэффициенты, определяющиеся типом грунта.

Сравнительный анализ материалов эксплуатационных организаций по интенсивности заиления коллекторов и объемами очистки показывает, что существует довольно тесная связь затрат на очистку с уклонами коллекторов. Используя данные результатов наблюдений за интенсивностью заиления коллекторов с различными уклонами, материалы эксплуатационных организаций, представим эксплуатационные затраты на поддержание коллекторов в зависимости от глубины заложения коллекторов и текущих уклонов в виде:

$$C_{экс} = (a_3 + b_3 H_{ср}) \left(\frac{i_{мл}}{i_0} \right)^{0,5}, \text{ руб/м} \quad (15)$$

где: $i_{мл}$ - уклон соответствующий незаияющим скоростям; i_0 - текущий уклон.

Уклоны коллекторно-дренажной сети должны задаваться, исходя из обеспечения средних скоростей V , в следующих пределах:

$$V_{мин} \leq V \leq V_{маx}, \text{ м/с} \quad (16)$$

где: $V_{мин}$ - минимальная допустимая скорость; $V_{маx}$ - максимальная допустимая скорость.

Для того, чтобы перейти к оптимизации параметров КДС, выразим среднюю глубину коллектора через среднюю глубину заложения дрен, уклонов и отметки поверхности земли. Представим среднюю глубину коллектора, к которому подключаются закрытые дрены в следующем виде:

$$H_{ср} = -0,5 \Delta g + 0,5 (\tilde{z}_K^H + \tilde{z}_K^K) - (\tilde{z}_{др}^{ср} - \delta_K) + 0,5 \Delta_K \quad (17)$$

где: $\Delta g = \rho_{др} \cdot i_{др}$; $\Delta_K = \rho_K \cdot i_K$

$\tilde{z}_K^H, \tilde{z}_K^K$ - соответственно, отметки поверхности земли в начале и в конце коллектора; $\tilde{z}_{др}^{ср}$ - отметка дренажной трубы в середине дрены; δ_K - превышение устья дрены над уровнем воды в коллекторе.

Тогда приведенные затраты на строительство и эксплуатацию КДС для системы закрытых дрен и гидравлически нерасчитываемого коллектора с учетом (5-16) представим в следующем виде:

$$C_{кас} = 10^4 \alpha \left[a^* + \frac{b_2 (H_0 + \Delta h)^{0,378} K_1^{0,378} \rho^{0,568}}{73,44 \rho \varphi^{0,378} \Delta g^{0,19}} + \frac{c_2 (H_0 + \Delta h)^{0,756} K_1^{0,756} \rho^{1,136}}{5393,43 L \varphi^{0,756} \Delta g^{0,38}} + \frac{b_3 H_0}{L} + \frac{\alpha}{S} \left\{ a_3 + b_3 \left[0,5 (\tilde{z}_K^H + \tilde{z}_K^K) + 0,5 \Delta g \right] \rho_K + \frac{\rho_K}{S} \left\{ a_3 + b_3 \left[0,5 (\tilde{z}_K^H + \tilde{z}_K^K) + 0,5 \Delta_K - (\tilde{z}_{др}^{ср} - \delta_K) + 0,5 \Delta_K \right] \right\} \right\} \right] \quad (18)$$

где: S - площадь орошаемых земель; $\alpha = \varepsilon_n + \alpha^*$
 α^* - коэффициент, учитывающий эксплуатационные затраты, за исключением затрат на ремонт; ρ_K - длина коллектора.

Приведенные затраты на строительство и эксплуатацию КДС с учетом большого количества коллекторов, имеют вид:

$$C_{KAC} = 10^4 \alpha \left[\alpha^* + \frac{\beta_2 (H_0 + \Delta h)^{0,378} \cdot K_1^{0,378} \cdot \rho^{0,568}}{73,44 L \varphi^{0,378} \Delta_g^{0,19}} + \frac{C_2 (H_0 + \Delta h)^{0,756} \cdot K^{0,756} \cdot \rho^{1,136}}{\varphi^{0,756} \Delta_g^{0,38} L} + \frac{\beta_3 H_0}{L \rho} \right] + \sum_{j=1}^P \frac{\alpha}{S} \left\{ a'_c + \beta'_c [0,5 (\bar{z}_{\kappa j}^H + \bar{z}_{\kappa j}^K) + 0,5 \Delta_g - (\bar{z}_g^{CP} - \delta) + \sum_{\gamma=1}^{j-1} \Delta_\gamma + 0,5 \Delta_j] \left\{ \ell_j + \frac{1}{S} (\alpha_3 + \beta_3) \cdot [0,5 (\bar{z}_{\kappa j}^H + \bar{z}_{\kappa j}^K) + 0,5 \Delta_g - (\bar{z}_g^{CP} - \delta) + \sum_{\gamma=1}^{j-1} \Delta_\gamma + 0,5 \Delta_j] \right\} \cdot \left(\frac{\Delta_j}{\Delta_{min}} \right)^{-0,5} \ell_j \right\}$$

выражения (18, 19) дополняется ограничениями по:

- перепадам высот по j -ым коллекторам и дренам

$$i_j^{min} \cdot \ell_j \leq \Delta_j \leq i_j^{max} \cdot \ell_j \quad (20)$$

$$L_{gp}^{min} \cdot \ell_{gp} \leq \Delta_j \leq i_{gp}^{max} \cdot \ell_{gp}$$

- предельно допустимым глубинам коллекторов

$$\bar{z}_{\kappa j}^H - h_j^{max} \leq \bar{z}_{\kappa}^H - \sum \Delta_j \leq K_j^K - h_j^{min} \quad (21)$$

где h_j^{max} - максимальная глубина заложения j -го коллектора;
 h_j^{min} - минимально-допустимая глубина j -го коллектора.

Исключая из выражений (19) и (20) постоянные слагаемые, получим, что после преобразований нахождение параметров КДС, отвечающих минимуму приведенных затрат может быть сведено к типичной модели нелинейного программирования при линейных ограничениях (21) (22).

Для гидравлических нерасчитываемых коллекторов целевая функция имеет вид:

$$10^4 \alpha \left[\frac{\beta_2 (H_0 + \Delta h)^{0,378} \cdot K^{0,378} \cdot \rho^{0,568}}{73,44 L \varphi^{0,378} \Delta_g^{0,19}} + \frac{C_2 (H_0 + \Delta h)^{0,756} \cdot K_1^{0,756} \cdot \rho^{1,136}}{\varphi^{0,756} \Delta_g^{0,38} L} + \frac{\beta_3 H_{gp}}{L \rho} \right] + \frac{\alpha}{S} \sum_{j=1}^n \alpha_{\kappa} + \beta_{\kappa} \left[0,5 \Delta_g + \sum_{\gamma=1}^{j-1} \Delta_\gamma + 0,5 \Delta_j \right] \ell_j + \frac{1}{S} \sum_{j=1}^n \alpha_3 + \beta_3 \left[0,5 \Delta_g + \sum_{\gamma=1}^{j-1} \Delta_\gamma + 0,5 \Delta_j \right] \left(\frac{\Delta_j}{\Delta_{min}} \right)^{-0,5} \ell_j + 86000 \cdot \frac{G_{\kappa \gamma} \cdot Q \cdot H}{2} \rightarrow \min \quad (22)$$

Как было указано выше, влияние параметров дренажа на эффективность рисовой оросительной системы будет определяться не только вертикальной фильтрацией в период вегетаций риса, но и водно-

солевым режимом почвогрунтов рисовой системы в период всей севооборотной ротации и его влияния на урожайность сельхозкультур. Поэтому важным этапом обоснования параметров дренажа на рисовой системе является установление связи параметров дренажа -го варианта с водносолевым режимом почвогрунтов. В настоящее время разработано и применяется достаточно много методов прогноза водносолевого режима почвогрунтов (Криейчева Л.В., Айдаров А.И. и др.). В данной задаче используется метод основанный на решениях дифференциальных уравнений солевого переноса (Рекс Л.М., Якиревич А.М.).

Отметим несколько основных моментов при использовании программы "WASTR-I" :

1. Модель разрабатывалась не для рисовой системы, поэтому ее нельзя использовать для прогноза распределения вертикальной фильтрации в междуренни. Однако концентрацию солей в середине междурення в результате возделывания риса при применении для орошения воды различной концентрации и изменения влажности почвы и уровня грунтовых вод после сброса воды с чеков по ней установить можно.

2. Прогноз водносолевого режима на рисовой системе для -го варианта дренажа должен даваться на различные интервалы времени: - по-суточно на период сброса воды и осушения почвы, и с гораздо большим набором на севооборотную ротацию.

Для случая отсутствия необходимости в дополнительном строительстве коллекторов, определение оптимальных параметров дренажа сводится к отысканию максимума следующего функционала:

$$\frac{\alpha^*}{L} + \frac{\beta_1 (H_0 + \Delta h)}{L \varphi(H_0, L)} + \frac{c_1^* (H_0 + \Delta h)^2}{4L^3} \cdot \int_0^L W(x_0, H_0, L) dx - \beta_2^* \frac{(H_0 + \Delta h)^{0.373} \rho}{\varphi^{0.373}} - 10^4 \alpha \left(\frac{c_2 (H_0 + \Delta h)^{0.756}}{5393,43 \varphi^{0.756} (H_0, L)} + \frac{\beta_3 H_0}{2L} \right) \rightarrow \max \quad (23)$$

$$\alpha^* = y_0 \cdot \eta \cdot Q - 10^4 \alpha \left[a_2 + \frac{c_3}{L} + a_3 + \frac{\beta_3 \delta}{2} \right];$$

$$\beta_1^* = \beta_1 \cdot y_0 \cdot K_1 - \gamma; \quad c_1^* = y_0 \cdot \eta \cdot c_1 \cdot K_1^2;$$

$$\beta_2^* = \left(\frac{10^4 \alpha \beta_2}{73,44} + \frac{\beta_3 \cdot 10^4 \alpha}{146,88} \right) \frac{1}{L} \rho^{0.373}$$

Для реализации функционала (23) разработаны модель и программное обеспечение на языке СИ для ПЭВМ.

В четвертой главе приведены исходные данные к методике расчетом оптимальных параметров закрытого дренажа на рисовых оросительных системах.

Результаты статистической обработки имеющихся данных (Беги- в Ш.Х., Рау А.Г., Круглов Л.В., Саларов П., Даулетбаев Б.У., сенов А.Г., Попов В.А.) выявили, что в зависимости урожайности са от скорости вертикальной фильтрации (рис.1) эмпирические ко- ффициенты имеют следующие значения (табл.1).

Т а б л и ц а 1

п	Название объекта	Коеф- фициент корреляции	Значения эмпирических коэффициентов			
			α_1	β_1	γ_1	δ_1
	Средняя Азия и Казахстан		0,337	1,17	-0,583	0,018
	Краснодарский край		0,63	0,623	-0,371	0,0604
	Япония		0,746	0,587	-0,4046	0,0693

Анализ фактических материалов различных авторов (Оськина А.И., дина Ю.Г., Кабанов Е.И., Ходжамуратов А.М.) по установлению за- симости потерь урожая риса от затягивания сроков уборки (рис.2) :азал, что в этой зависимости эмпирические коэффициенты имеют следующие значения (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Сорт риса	Корреля- ционное отноше- ние	Значения эмпирических коэффициентов		
		α'	β'	γ'
Краснодарский - 424	0,99	1,0	-0,00045	-0,00027
УзРОС - 59	0,98	0,994	-0,0063	-0,000105
Нукус-2	0,91	0,99	-0,0029	-0,000042
Авангард	0,90	0,99	-0,0033	-0,00010

В зависимости от урожайности риса от уровня грунтовых вод зневегетационный период (по данным М.А.Андрюшина, А.Г.Аксе- а, В.А.Попова, А.Г.Рау) коэффициенты имеют значения, приве- ые в табл.3 (рис.3).

Общую стоимость строительства закрытых горизонтальных дрен ю рассмотреть как две составляющие: стоимость конструкции при- емной части и стоимость строительных работ, которая зави- ст от способа строительства и глубины заложения дрен. В зави- стях (9) и (10) эмпирические коэффициенты приведены в табли- 4 и 5.

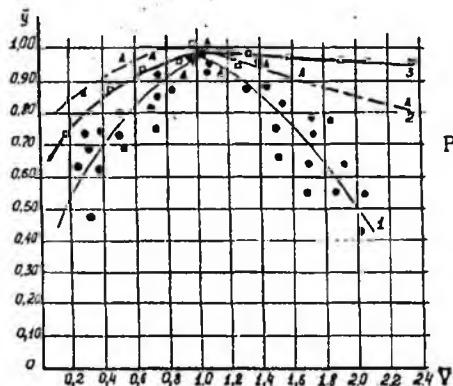


Рис. 1. График зависимости урожайности риса от скорости вертикальной фильтрации

- 1 - Средняя Азия и Казахстан
- 2 - Япония
- 3 - Красноярский край

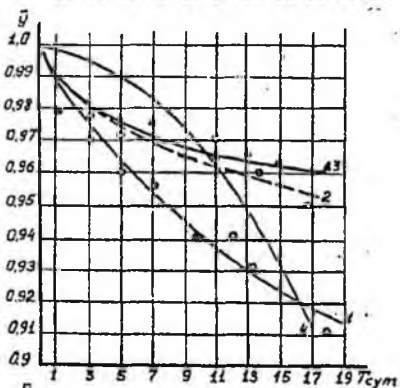


Рис. 2. Зависимость потерь урожая риса от сроков уборки

- 1 - УзРОС-59
- 2 - Нукус-2
- 3 - Авангард
- 4 - Сорт Краснодарский-424

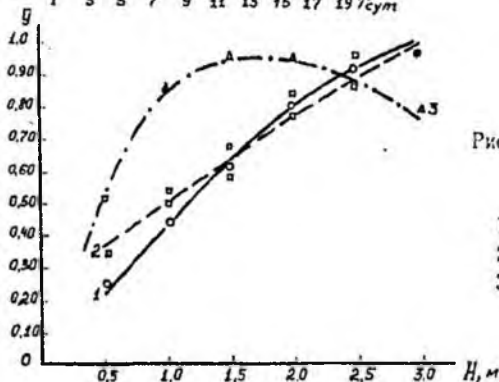


Рис. 3. Зависимость урожайности риса от уровня грунтовых вод во вневегетационный период

- 1 - Юг Украины
- 2 - Краснодарский край
- 3 - Средняя Азия и Казахстан

Таблица 3

№ /п	Объект исследования	Значение эмпирических коэффициентов			
		a''	b''	c''	d''
Юг Украины		-0,0649	0,61	-0,106	0,0073
Краснодарский край		0,216	0,3076	-0,0137	-0,00057
Средняя Азия и Казахстан		-0,1088	1,58	-0,722	0,099

Таблица 4

Объект	Наименование затрат	Значения коэффициентов		
		a_2	b_2	c_2
Средняя Азия и Казахстан	Стоимость I м трубы с ИЗМ	-0,33	14,36	5,36
	То же, с гравийно-песчанной обсыпкой	1,24	12,09	-5,476
	То же, с комбинированным фильтром	2,0	-3,14	11,15
Краснодарский край	То же с ИЗМ	-0,238	10,74	44,4
	То же с комбинированным фильтром	1,92	25,69	-0,000117

Замечание: ИЗМ – искусственный задатно-фильтрующий материал

Таблица 5

Название объекта	Способ строительства	Предельная глубина, м	Значение коэффициентов	
			a_3	b_3
Средняя Азия	Бестраншейный	до 3,0	2,56	0,42
Казахстан	Узкотраншейный	до 3,0	2,34	0,63
	Траншейный	до 3,5	1,9	1,108
	Полумеханизированный	до 5,0	-2,86	3,4
Краснодарский край	Механизированный (ЭЦ-202А, ЭЦ-406)	до 3,5	0,4	0,4

Для расчетов затрат на строительство и эксплуатацию открытых коллекторов (рис.4) по зависимостям (12), (13), (14) эмпирические коэффициенты приведены в табл.6.

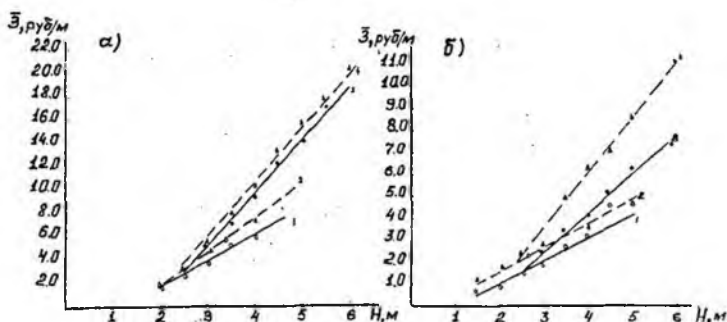


рис.4 Зависимости приведенных затрат на эксплуатацию (а) и строительство (б) коллекторов от их глубины
 1, 2 - внутрихозяйственный коллектор;
 3, 4 - межхозяйственный коллектор.
 - - Краснодарский край; - . - Средняя Азия и Казахстан.

Таблица 6

Объект	Тип коллектора	Диапазон глубин, м	Значение коэффициентов	
			$\alpha_{с/э}$	$\beta_{с/э}$
Средняя Азия и Казахстан	Межхозяйственный	2,5-7,0	<u>-8,9</u>	<u>5,2</u>
	Внутрихозяйственный	1,5-5,0	<u>-3,5</u>	<u>2,25</u>
Краснодарский край	Межхозяйственный	2,5-7,0	<u>-1,05</u>	<u>2,10</u>
	Внутрихозяйственный	1,5-5,0	<u>-2,12</u>	<u>1,50</u>
	Межхозяйственный	2,5-7,0	<u>-5,57</u>	<u>3,53</u>
	Внутрихозяйственный	1,5-5,0	<u>-4,496</u>	<u>2,32</u>
			<u>-2,14</u>	<u>2,125</u>
			<u>-1,45</u>	<u>1,14</u>

Примечание: в знаменателе - значения коэффициентов, определяющих эксплуатационные затраты;
 в числителе - затраты на строительство коллекторов.

При расчете оптимальных параметров закрытого дренажа на ривсовых системах имеет немаловажное значение выбор (расчет) уклона дрен, от которых зависят не только глубина заложения самих дрен в устье, но и коллекторов-водоприемников, с одной стороны. Уклоны дрен подбираются таким образом, чтобы обеспечить такие скорости воды в трубах, при которых не происходят заиливания их

юлости.

В результате натурных исследований было установлено, что дренажи построенные из керамических труб подвергаются заиливанию в большей степени, чем дренажи из пластмассовых труб с искусственными защитно-фильтрующими материалами. В результате обработки данных по расходам, наполнениям и гидравлической крупности наилок составлены зависимости для определения критических скоростей ($V_{кр}$) от гидравлической крупности наилок (ω_0) и материала труб (c) в виде:

$$V_{кр} = \omega_0^{0.681} \cdot c^{0.517}, \text{ м/с}$$

$$c = \frac{1}{R} R^y, \quad R = \frac{d}{4}, \quad y = \frac{1}{6} \quad (24)$$

где: R - гидравлический радиус, м; d - диаметр труб, м.

Если задаваться диаметром трубы и предположить, что она заполнена до предела, то есть степени наполнения $\frac{4}{d}$ в ней максимально возможная, для этих условий найдем расход Q , пропускаемый соответствующей скоростью $V_{кр}$, соответствующий уклон $i_{кр}$, получается триада чисел d , Q , $i_{кр}$, которые для некоторого сортамента труб образует предельные (минимальные) зависимости, которые после соответствующих преобразований принимает вид:

$$i_{min}^{PH} = 0,30 \omega_0^{1,74} \cdot Q^{-0,55} \quad (25)$$

а же самое для расчетного наполнения:

$$i_{min}^{PH} = 0,268 \omega_0^{1,74} \cdot Q^{-0,55} \quad (26)$$

Аналогично можно установить максимальные уклоны закрытых горизонтальных дренажей, принимая за $V_{кр}$ равной 1,5 м/с, согласно СНиП - 206.03.88.

Используя зависимости (25), (26) и зависимости, полученные для открытых коллекторов В.Г.Насоновым (1990 г.), можно построить график предельно допустимых уклонов коллекторно-дренажных систем в зависимости от их расхода (рис.5).

В пятой главе приведены результаты расчетов оптимальных параметров закрытого горизонтального дренажа на объектах исследования: колхоз "Звезда" Абинского района (Краснодарский край), колхоз "Совет Узбекистана" в Тахтакупюрском районе Карлукского района (Таджикистан), "Жана-Талап" Чиркилийского района Кзылординской области). Расчет оптимальных параметров закрытого горизонтального дренажа осуществляется в два этапа:

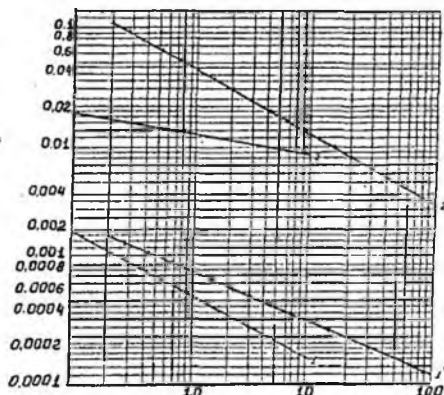


Рис.5 Зависимость предельно допустимых уклонов коллекторно-дренажных систем от диаметра и расхода — закрытый дренаж, —ж— коллектор, 1, 1 — минимально допустимые уклоны; 2, 2 — максимально допустимые уклоны.

На первом этапе рассчитывается непосредственно-оптимальные параметры (глубина заложения и междреннее расстояние) закрытых горизонтальных дрен по разработанной методике (глава 3) (рис.6).

Второй этап включает в себя прогнозный расчет приемлемости этих параметров на обеспечение допустимой влажности и изменения уровня грунтовых вод на рисовых оросительных системах после сброса воды с чеков (по программе "WASTR-I") (рис.7).

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Анализ существующих типов и конструкций рисовых оросительных систем и дренажа на рисовых системах показал, что универсальной конструкции рисовых систем не существует. Также отсутствует единое мнение по расчету параметров дренажа. Это, в свою очередь, предопределяет то, что дренажные системы на рисовых оросительных системах в целом имеют свои особенности.

2. Анализируя причины снижения урожайности риса и учитывая существующие требования к рисовым оросительным системам и дренажу на них, предложена компоновка элементов рисовой системы с закрытым горизонтальным дренажем, отличающегося от существующих конструкций тем, что закрытые горизонтальные дрены расположены внутри чеков, которые должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к рисовым системам.

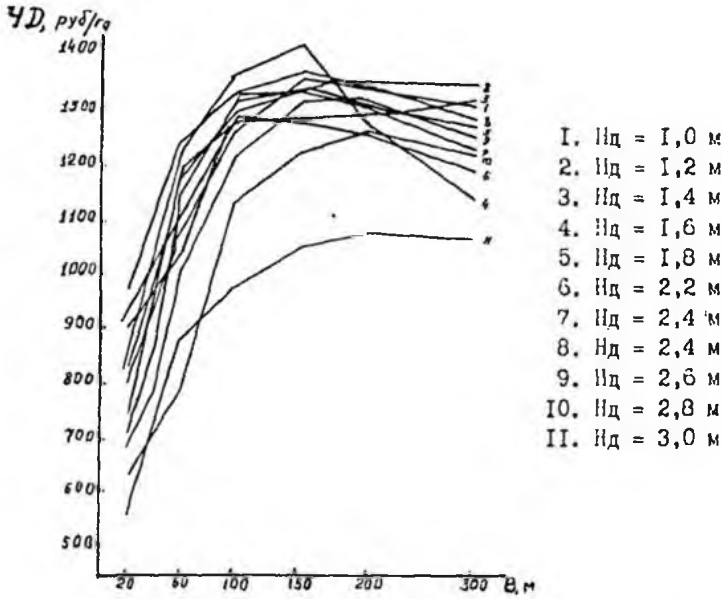


Рис. 6 Результаты расчетов оптимальных параметров закрытого горизонтального дренажа на рисовой оросительной системе Каракалпакии.

Исходные данные : $K_p = 1,0$ м/сут ; $M_p = 7,0$ м

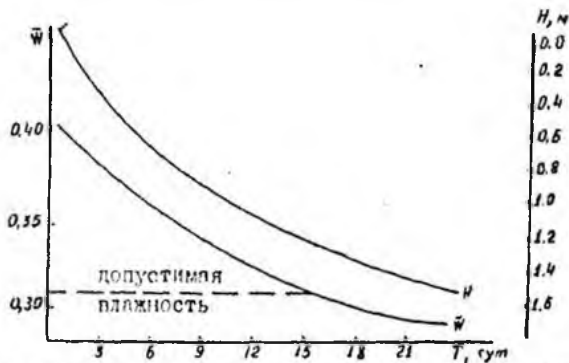


Рис. 7 Изменение объемной влажности почвы и УГВ на рисовых чеках во время их просушки осенью

3. На основании сбора и обработки материалов проектных институтов и служб эксплуатации установлены зависимости капитальных затрат на строительство и эксплуатацию коллекторно-дренажных систем от их глубины.

4. В результате натурных исследований и обработки фондовых материалов установлены зависимости для определения критической скорости движения воды от гидравлической крупности частиц наилок и предельно-допустимые уклоны закрытых дрен и коллекторов в зависимости от диаметра и расходов.

Для дрен из пластмассовых труб с искусственным защитно-фильтрующим материалом допускаются снижения к требованиям к критическим скоростям и уклонам, так как вероятность заилиения полости дрен в этом случае ниже, чем в дренах из керамических труб. В данном случае критические скорости могут быть 0,1-0,15 м/с и менее при соответствующих им уклонах 0,0005-0,001.

Полученные результаты значительно снижают существующие требования закрытого горизонтального дренажа к уклонам, что обеспечивает уменьшение глубины дрен в устьях, снижения эксплуатационных затрат на коллектора-водоприемники и высокую надежность коллекторно-дренажных систем в целом.

Для открытых коллекторно-дренажных систем критические скорости и уклоны можно определять по общепринятым зависимостям или по предлагаемым нами (рис. 5).

5. Разработана экономико-математическая модель оптимизации параметров закрытого горизонтального дренажа на рисовых оросительных системах. Установлены оптимальные параметры (междреннее расстояние, глубина заложения дренажа, закрытого горизонтального дренажа для некоторых хозяйств объектов исследований:

- низовья реки Амударья. Для двухслойной толщи со слабопроницаемыми грунтами ($K_v = 0,14$ м/сут; $K_n = 2,0$ м/сут) $В_{оп} = 100$ м, $Н_{оп} = 1,8$ м. Для однослойной, с хорошопроницаемыми грунтами ($K_f = 1,0$ м/сут) $В_{оп} = 150$ м, $Н_{оп} = 1,6$ м;

- низовья реки Сырдарья. Для двухслойной толщи ($K_v = 0,41$ м/сут, $K_n = 8,4$ м/сут) $В_{оп} = 125$ м, $Н_{оп} = 2,25$ м. Для однослойной, сильнопроницаемыми грунтами ($K_f = 6,2$ м/сут) $В_{оп} = 100$ м, $Н_{оп} = 2,5$ м;

- Краснодарский край. Для двухслойной толщи, с хорошопроницаемыми грунтами $В_{оп} = 90$ м, $Н_{оп} = 1,6$ м, то же со слабопроницаемыми грунтами $В = 150$ м, $Н_{оп} = 1,8$ м. Для однослойной с плохопроницаемыми грунтами ($K_f = 0,05$ м/сут) $В_{оп} = 100$ м, $Н_{оп} = 1,6$ м.

6. Результаты прогнозных расчетов по программе "WASTR-I" показали, что полученные значения оптимальных параметров закрытого горизонтального дренажа обеспечивают требуемую влажность почвогрунтов в метровом слое (30-31 %) и снижения уровня грунтовых вод (1,2-1,4 м) за 15-20 суток, после сброса воды с чеков осенью с целью просушки перед уборкой культуры риса.

7. Внедрение разработанной модели оптимизации расчетов закрытого горизонтального дренажа в практику проектирования рисовых оросительных систем приводит к снижению капитальных вложений на 15-25 % относительно традиционных конструкций.

Основное содержание диссертации отражены в следующих работах.

1. К вопросу определения незаияющих скоростей в закрытых дренах // Пути комплексного совершенствования мелиорации и водного хозяйства, - Ташкент, САИИРИ, 1987, с.60-64.

2. Выбор оптимальных параметров дренажа на рисовых оросительных системах // Мелиорация земель низовьев рек Аральского региона. Ташкент, САИИРИ, 1988, с.87-95 (соавторы В.Г.Насонов, И.А.Закс).

3. Рекомендации по выбору оптимальных мелиоративных режимов и параметров дренажа на орошаемых землях низовьев р.Амударьи. Ташкент, САИИРИ, 1989, 19 с. (в соавторстве).

4. Оптимизация параметров коллекторно-дренажной сети из рисовых оросительных системах // Проблема утилизации и использования минерализованных дренажных вод. Ташкент, САИИРИ, 1990, с.43-68.

5. К вопросу расчета оптимальных параметров дренажа на рисовых оросительных системах // Тезисы докладов Всесоюзной конференции молодых ученых-рисоводов, посвященной 60-летию академика ВАСХНИЛ. Е.П.Алешина, Краснодар, 1991, с.53.

6. Совершенствование конструкции рисовых оросительных систем с закрытым дренажем // Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. "Вопросы водохозяйственного строительства, мелиорации использование и охраны водных ресурсов. Ереван, 1991, с.68-70.

Шаврда