

6
С-45
69843

ISSN 0131—1905

**МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР**

**СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
им. В. Д. ЖУРИНА
(САНИИРИ)**



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Сборник научных трудов

Ташкент 1987

6
С-45

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт ирригации им. В. Д. Журина
(САНИИРИ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Сборник научных трудов

СН869



Ташкент 1987

Совершенствование эксплуатации
дренажных систем
Сборник научных трудов, Ташкент,
САНИИРИ им.В.Д.Журина, 1987, 168 с.

На современном этапе ограниченность водных ресурсов требует обоснованных рекомендаций по управлению мелиоративными режимами и недопущению загрязнения водных источников.

В сборнике на основе научных и опытно-производственных исследований рассматриваются актуальные вопросы совершенствования эксплуатации дренажных систем; предлагается организационная структура эксплуатационной службы; дается методика оценки эксплуатационной надежности систем и на ее основе выбор эффективных конструкций скважин и насосно-силового оборудования вертикального дренажа; освещаются вопросы планирования эксплуатационных мероприятий и обоснования сроков выполнения ремонтных работ.

Книга предназначена для научных работников, проектировщиков, работников службы эксплуатации, преподавателей и студентов гидромелиоративных техникумов и вузов.

Редакционная коллегия:

Духовный В.А. (гл. редактор), Якубов Х.И. (зам. гл. редактора, отв. за выпуск), Умаров У.У. (зам. гл. редактора), Насонов В.Г., Павлов Г.Н., Пулатов А.Г., Усманов А.У., Шапошникова Т.М.



Среднеазиатский научно-исследовательский институт
иригации им. В.Д.Журина (САНИИРИ), 1987

В.А.Духовный, канд.техн.наук

Д.В.Духовный

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДРЕНИРОВАНИЮ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ЗА РУБЕЖОМ

В СТАТЬЕ ПРИВЕДЕНЫ ОБОБЩЕННЫЕ ДАННЫЕ МАТЕРИАЛОВ МКИД, ПУБЛИКАЦИЙ БЮРО МЕЛИОРАЦИИ США, ТРУДОВ *ASAE*^{*}, В ТОМ ЧИСЛЕ 1У СИМПОЗИУМА ПО ДРЕНАЖУ В США СОСТОЯВШЕГОСЯ В ДЕКАБРЕ 1982 Г. В ЧИКАГО С УЧАСТИЕМ КРУПНЕЙШИХ МЕЖДУНАРОДНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ. ПРОВЕДЕНА НЕКОТОРАЯ ДЕТАЛИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ И СОПОСТАВЛЕНИЕ С УРОВНЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ ПО ДРЕНАЖУ.

Дренаж является одним из важнейших мероприятий, от которого в значительной степени зависит использование земель и водных ресурсов и поддержание стабильного сельскохозяйственного производства.

Орошение в условиях слабого естественного подземного оттока вызывает подъем уровня грунтовых вод (до 0,5–1,5 м в год) и засоление или заболачивание земель или и то, и другое, если надежный дренажный фон не создаст заслона этому явлению. В странах юга Азии, по данным МКИД, подъем УГВ за 60–70 лет составил 30–60 м. Были случаи, когда за 2–3 года грунтовые воды приближались к поверхности на 5–7 м, вызывая сплошное засоление (Фрамжи, 1984).

Проблема борьбы с засолением и заболачиванием уделяют в настоящее время большое внимание многие страны, в частности Иран, Ирак, Сирия, Пакистан, Китай, Индия, Египет, Австралия и т.д. В Пакистане, например, из 15 млн.га орошаемых земель 10,8 млн.га в различной степени засолены и заболочены. В Иране подвержены засолению более 15 % площади, в Индии – 30, в Египте – 33 (около 1 млн.га) засолены и почти 90 % заболочены [2]. В США, по данным Д.Хофмана и Э.Хосринга [6], засолению подвержены около половины орошаемых земель в Западных штатах; при этом здесь теряется 25 % продукции.

Хотя во многих странах работы, связанные со строительством дренажа (в Пакистане – проект *SCARP* – I, *SCARP*– 2, осуществляемые в сотрудничестве с Международным банком в виде развернутой сети скважин вертикального дренажа; в Индии – в штате Пенджаб, в США – в долине р. Соленой), приобрели всемирную известность, из-за возрастающей стоимости объектов орошения программа дренажа часто откладывается на будущее, а иногда эффективность дренажа

* *ASAE* – Ассоциация сельскохозяйственных инженеров США

оказывается крайне низкой из-за "фальшивой" экономии, так как если сразу не учитывать полную потребность в дренажных сооружениях, то в последующем это повлечет за собой снижение сельскохозяйственного производства. По данным Фрамки, сейчас из 155 млн.га орошаемых земель в развивающихся странах, нуждающихся в дренаже, обеспечено дренажными устройствами различного типа лишь 39 млн.га.

Дренаж рассматривается сейчас с позиции управления водным и другими режимами и влияния его на общую продуктивность системы сельскохозяйственного производства. Эта роль дренажа особо важна с позиций печального "опыта" засоления во многих странах, да и в США, где не все благополучно в Центральной долине в Калифорнии, в Западном округе около Фресно. Имеются факты, когда на новых землях УГВ за 4 года поднимается с 5 м до 40 см от поверхности — убедительный факт необходимости дренажа для сельского хозяйства [1].

Задача орошения и дренажа — создать соответствующую сбалансированность между увлажненностью и притоком кислорода к растению. Если раньше акцентировалось внимание лишь на определенных пределах регулирования водного фактора, то ныне следует говорить и об установленных параметрах регулирования воздушного содержания.

Кроме того, дренаж должен предотвратить повышение содержания солей, так как если минерализованные воды поднимаются к растению и остаются в корнеобитаемой зоне более 48 ч., то нормальное развитие растений нарушается. Кроме того, дренаж играет роль и в тепловой мелиорации: переувлажненные почвы тепла требуют в несколько раз больше, чем дренированные, и они обычно на несколько градусов холоднее дренированных.

В целом с помощью дренажа возможно:

- удлинение продолжительности возделывания культуры;
- увеличение площади земель;
- сокращение вегетационного периода;
- уменьшение вредителей;
- улучшение условий возделывания культуры;
- изменение экологической обстановки [1].

Из сказанного видно, что по сравнению с нашими оценками не учитывается роль дренажа в снижении удельных затрат воды на орошение, создаваемом в результате так называемой оптимизации мелиоративного режима (С.Ф.Аверьянов, И.П.Айдаров, А.И.Голованов, В.А.Духовный и др.).

Расчеты дренажа ведутся в основном на так называемую промывную норму (*LR-leaching requirement*), которая определяется на основе уравнения

$$LR = JR \cdot \frac{C_j}{C_d}, \quad (I)$$

где JR - оросительное водопотребление;
 C_j и C_d , - соответственно, минерализация оросительных и дренажных вод.

Эту величину затем в качестве инфильтрационной нагрузки подставляют в уравнение Хоухудта или Донована и рассчитывают междренние расстояния. Полученный показатель $q = f(h_{зд} - h_{др})$ считается очень важным в последующих расчетных и эксплуатационных действиях (здесь q - дренажный модуль, л/с/га; $h_{зд}$; $h_{др}$ - уровень грунтовых вод и глубина дренажа).

В то же время имеются и более точные решения. Так, Р.В.Скаггс с сотрудниками (США) на основе решения двумерной задачи притока к дрене по формуле Бусиннеска дали следующий расчет дренажа:

$$\mu \frac{dh}{dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x h \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y h \frac{\partial h}{\partial y} \right) \pm R, \quad (2)$$

где h - напор;
 K_x и K_y - коэффициенты фильтрации в направлениях "x" и "y";

μ - коэффициент насыщения;

t - время;

R - осадки, испарение, глубокая фильтрация;

d_e - высота дрени над водоупором;

h_0 - начальный УГВ по Хоухудту; $d = \frac{d_e}{h_0}$.

Решение численными методами при $D = 0,2$ и $D = 0,6$ показывает, например, что отклонение от одномерной задачи достигает 8 % (максимум) при $D = 0,2$ и 3 % при $D = 0,6$ при $Z = \frac{t}{L} = 0,3 \div 0,4$. Для остальных участков оно меньше, т.е. по их мнению, нет смысла заниматься двумерной задачей.

В рассматриваемом случае учитывалась лишь пространственная работа параллельных дрен с собирателями, находящимися на одной глубине. В наших условиях, когда глубина собирателей и особенно коллекторов резко отличается от глубины дрен, влияние собирателя больше (В.А.Духовный и И.А.Сорокина, 1984 г.).

Вообще в наших расчетах дренажа и моделях водносолевого режима почвогрунтов (Л.М.Рекс, А.Г.Якиревич во ВНИИГиМе; программа „*Progwatt*“ в САНИИРИ; С.В.Нерпина в АФИ) рассматривается совместная работа орошения в увязке с динамикой влажности зоны аэрации и формированием дренажного стока. Следует отметить, что в расчетах зарубежных авторов учитывается возможность поверхностных сбросов в дренаж, что в нашей практике берется во внимание лишь в рисовых системах.

В проектировании дренажа большое внимание уделяется характеристике природных условий и окружающей обстановки:

- наличию естественных водоотводов и их мощности;
- условиям размещения водоприемников;
- определению наибольших отметок воды при паводках;
- каналам, выклиниванию и т.д.;
- характеристике орошения, КПД систем и поля;
- динамике УГВ;
- характеристике дренажа на аналогичных участках поблизости;
- особенностям топографии;
- определению засоления;
- мнению местного населения;
- наличию дренажной программы в регионе, штате и т.д.

Представляет интерес внимание к разбросу естественных параметров природных условий, определяющих расчетные характеристики дренажа. Нильсон (1973 г.), Варик и Нильсон (1980 г.) для минеральных почв в США, Милетти и Брайтон (1982 г.) для органических почв в Канаде доказывают, что учет данного явления имеет большое значение.

Установлено, что разброс показателей изменения УГВ и притока в дренаж подчиняется нормальному распределению и удовлетворяет критерию Колмогорова-Смирнова. Аналогичную закономерность ранее отмечали Диллеман и Траффорд.

Определены значения коэффициента вариации C_v ежемесячно. Наименьший разброс отмечался в августе – 12,9 %, в то время как в январе и июле, соответственно, был равен 108 и 52 %. В остальные месяцы C_v колебался от 22,6 до 37,5 %. Таким образом, при более низких расходах дренажа вариация увеличивается.

Особое место должно быть уделено вариации коэффициента фильтрации, которая зависит от эквивалентной глубины " d_e " и других величин. В частности, рекомендовано использование формулы

Крайенхоффа и Ван де Лю, по которой определены вариации для всех 12 участков:

$$K = \frac{qL^2}{h \cdot 2\pi d_e}, \quad (3)$$

где q — отток от дрены;
 L — междреннее расстояние;
 h — напор над дренажной.

Разброс величин $q = f(h)$ отмечается очень большой. При этом по мере увеличения напора от нуля до 40 см геометрически возрастает $q = f(h)$ и одновременно растет C_v — от 7,5 до 139,1 %.

Коэффициент пористости μ , определенный на основе сопоставления изменений УГВ для каждого участка и баланса грунтовых вод, в слое 0,6–1,5 м колебался от 15 до 20 %, вблизи поверхности — от 19 до 31 %, в слое 0,35–0,6 м — от 3,1 до 14 %. На глубине дрены " μ " близко к 3,1 %.

Вопросы изменчивости расчетных параметров дренажа у нас в стране проработаны достаточно полно. Известны работы А.И. Голованова, Н.Н. Давидченко (1973–1975 гг.) и других авторов, в которых установлена необходимая густота опорных точек изысканий для достаточно точного обоснования проектов. С позиций теории эксплуатационной надежности статистический разброс показателей и характеристик грунтовых условий дренажной сети анализируется в работе В.В. Хегая (САНИИРИ).

Глубина дренирования земель как параметр регулирования уровня грунтовых вод — один из важнейших параметров, определяющих успех мелиоративных мероприятий, устойчивость плодородия и удельные расходы воды. На первом этапе дренаж орошаемых земель слепо воспринял параметры осушительного дренажа с его мелким заложением и большой интенсивностью.

Так, в Индии [2] принятая глубина дренажа составила 1,0 + 1,5 м; в Египте — 1,2 + 1,5 м с междренним расстоянием 25 + 100 м; в Португалии, соответственно, 0,7 + 1,0 м и 2,5 + 3 м. В Ираке, где дренаж строился по рекомендациям голландских специалистов (Бауман, Весселинг, Хулсбокс) с глубиной 1,0 + 1,5 м, удельные расходы воды на гектар оказались 16 + 20 тыс. м³/га "нетто" при неустойчивом режиме рассоления [7].

В настоящее время к вопросу о глубине дренажа подходят более инженерно-дифференцированно. В частности, в аридной и полупустынной зонах все более стабильным становится мнение о необходи-

мости углубления дренажа по мере нарастания аридности климата.

Выбор глубины дренажа при проектировании в США обычно исходит из установленных стандартных величин. Так, „*Drainage manuel*“ – „Пособие по дренажу“ США рекомендует глубину дренажа в аридной зоне в 8–10 дюймов – 2,4–3,0 м. В то же время в последние годы появились и методы установления параметров дренажа с помощью оптимизационных моделей.

Так, в том же „Пособии по дренажу“ приводится упрощенная оптимизационная модель по сопоставлению удельных стоимостей дренажа на акр при различных методах дренирования (без учета разности в воде и урожаев) для трех видов дреноукладчиков: траншейного с постоянной скоростью работы дреноукладчика, переменного и бес-траншейного. Первый дал оптимум на 7 футов, второй на 9 и третий на 6,5+7 футов.

Е.Доеринг, Л.Бенц и Г.Ричман [1, с.34–41] для условий неза-соленных земель гумидной, полугумидной и полупустынной зон рассмат-ривают влияние глубины дрен при возделывании зерна и сахарной свеклы. Расчетные параметры определяются следующим образом:

количество оросительной воды

$$JW = C(ET_p \cdot K_c) - P - D. \quad (4)$$

Здесь C – коэффициент относительного урожая;
 ET_p – потенциальная эвапотранспирация по уравнению
 Йенсена, Хейса (*Burrmantall* , 1980);
 K_c – коэффициент культуры в зависимости от стадии;
 D – дефицит воды к началу недели;
 P – осадки (при $P \geq 2,5$ мм).

Опыты на лизиметрах показали, что максимум урожая получают при УГВ 100–130 см (6 т/га зерна), минимум при 50 см (2 т/га).

Наиболее устойчивый урожай при наименьших затратах на дрени-рование достигается при $h_{др} = 1,5$ м, при этом $h_{г.д} = 1,0$ м (в середине междуренья). Междуренное расстояние изменяется по-разному, в зависимости от глубины залегания водоупора.

Такой вывод без учета минерализации грунтовых вод и характе-ра дренируемых грунтов, по-видимому, не правомерен. Необходимо на основе рассмотрения во времени неустановившегося движения по плоскости установить диапазон оптимальной влажности для корневой системы и отсюда потерю урожая и оптимум расстояния для различ-ных грунтовых вод по минерализации и для различных высот капил-

лярного подпитывания. В модели же учесть все затраты, включая и воду, и урожай.

В то же время для аридной зоны авторы придерживаются позиции Охса, что наилучшая глубина 3 м и более. Здесь также видна определенная однозначность в суждениях, так как и для аридной зоны не всегда (строение, структура почвы, степень ее засоления, вид растений) необходимо добиваться такой большой глубины. Обращает на себя внимание неправомерность резкого перехода от полуаридной зоны к аридной, который может быть не скачкообразным. Говорить, что для полуаридной зоны хороша глубина 1,5 м, а для аридной 3 м, значит глубоко ошибаться.

Проф. В.Ричардсон с сотрудниками [1, с.42-49] приводят решение задачи оптимизации параметров дренажа, основанное на том, что задача эта как бы распадается на 2 части: прогнозирование изменения характера произрастания растений в условиях действия разного вида дренажа и установление его экономических последствий как в части затрат, так и эффектов.

В основу оптимизации положен критерий получения максимума разницы между объемом (стоимостью) прибавки продукции от дренирования земель и стоимостью дренажа. Такая постановка имеет ряд недостатков: она не учитывает разницы в стоимости воды, в себестоимости продукции (так как резко улучшаются условия обработки, а не только прорастания растений), в эксплуатационных мероприятиях.

Ведущей частью модели является определение H_{min} . Здесь устанавливается минимальная глубина грунтовых вод на междренье в течение вегетационного периода. Для данных режима орошения, свойств почвы, полевой геометрии определяются такие уровни, которые должны обеспечить минимум водопотребления для различных периодов вегетации.

Функция стоимости выражается в следующем виде:

$$Z = \frac{n}{L} \left[(C_1 + C_2 \varphi + C_3 \varphi^2) + C_4 + \frac{C_5}{L} + \frac{C_6}{D_p \cdot M} + \frac{C_7}{L} + (C_8 + C_9 \cdot d) + \frac{C_{10}}{L} \right], \quad (5)$$

где d - глубина дрены от поверхности земли;
 L - междреннее расстояние;
 n - коэффициент эффективности;
 φ - диаметр дрены;
 L - длина дрены;

$C_1 + C_2\varphi + C_3\varphi^2$ - стоимость дрены как квадратная функция диаметра на единицу длины;

C_4 - стоимость фильтра на единицу длины дрены;

C_5 - эксплуатационные затраты на единицу длины дрены;

C_6 - стоимость скважины;

$D_p \cdot M$ - длина дрены на скважину;

C_7 - фиксированная стоимость установки дрены (стоимость использования оборудования; она тоже зависит от диаметров и удельной длины дрены;

C_8 и C_9 - стоимость установки дрены как линейная функция глубины;

C_{10} - стоимость устья дрены.

Здесь

$$\min Z = \min Z(l, d, \varphi). \quad (6)$$

Функция урожая выражена по линейной функции:

$$1 - \frac{y_{\alpha}}{y_m} = \sum_{i \in n} K_{y_i} \left(1 - \frac{E_{T\alpha i}}{E_{Tmax i}} \right), \quad (7)$$

где

y_{α} и y_m - действительный и максимальный урожай;

K_{y_i} - фактор каждой стадии роста;

$E_{T\alpha i}$ и $E_{Tmax i}$ - действительная эвапотранспирация в стадию " i " и максимальная;

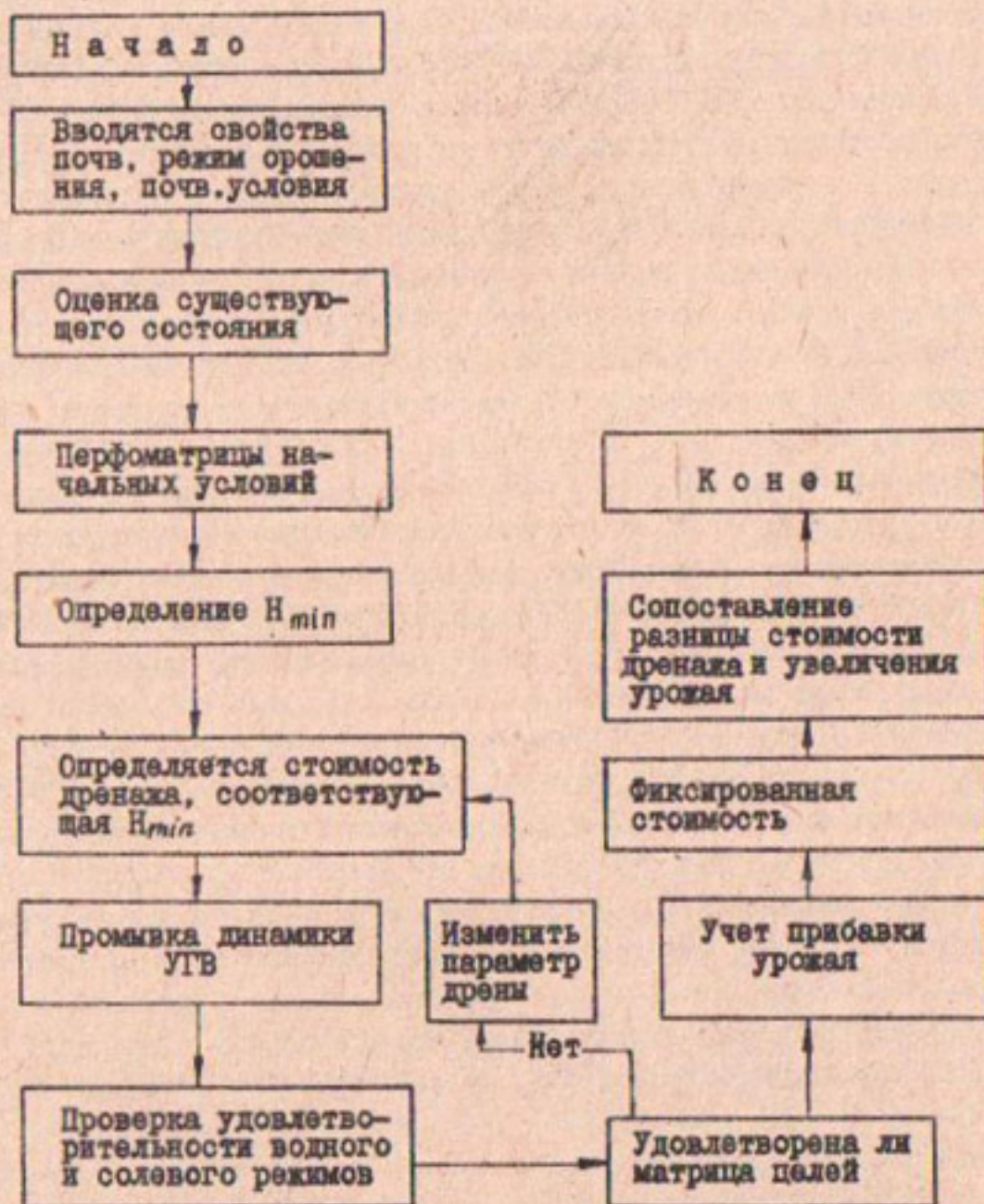
n - число стадий роста.

Скаггс Р.В. и Нассех Заде Тебризи А. дают описание модели, названное ими " *Drain mod* " - имитационная модель (рисунок), предназначенная для проектирования и усовершенствования управления многокомпонентными системами, которые могут включать характеристики подземного дренажа, поверхностного оттока, субиригации и дождевания. Основа модели - уравнения водного баланса. Используются почвенные характеристики, параметры культур, имитационные данные и данные дренажных систем.

На модели рассчитывают инфильтрацию, дренаж, эвапотранспирацию, УГВ, SEW_{30} (показатель Весселинга), характеризующий стрессовое состояние растения. В основу модели положена в корне неверная зависимость урожая на межденье от междренного расстояния; при этом максимум $y_{\alpha} / y_{max} = 0,85$ независимо от грунтов и K_{φ} отмечается якобы при $L = 30$ м.

При сопоставлении этих оптимизационных моделей расчета дренажа с отечественными (И.П.Айдаров, Л.М.Рекс, Е.Д.Томин, В.А.Духовный и др.) обращает на себя внимание то, что оптимизация прово-

СХЕМА
расчета модели "Drainmod"



дится без полного учета всех факторов: принимается во внимание либо способ строительства, либо дифференциация урожая. Ни в одной модели не учитывается разница в удельных затратах воды на 1 га, влияние взаимного расположения дренажа и техники полива. Разработанные у нас программы на ЭВМ позволяют выбрать параметры дренажа по минимуму всех совокупных затрат, включая дифференциацию урожая, различные технологий строительства и затраты воды.

Большое внимание в практике оросительного дренажа уделяется фильтровым обсыпкам. Признано, что лучшим видом фильтровых обсыпок является песчано-гравийная смесь со средним диаметром $d_{50} = 1+3$ мм, и $d_{90}/d_{10} = 5+20$. С момента ранних работ Кирхама (1950) их конструкцию начали рассматривать с позиции сопротивления на вход. Поэтому распространились разные сочетания обсыпки со щелями и перфорацией. Было установлено, что при применении фильтров из химических материалов сопротивление их увеличивается, отмечается химическое зарастание и закупорка. Отсюда потребовались работы по борьбе с этими явлениями (Форд, 1979; Виллардсон и Волкер, 1979). В то же время в Голландии (Весселинг) была создана теория входных сопротивлений в сочетании с испытаниями различных фильтров как в лаборатории, так и в поле. Построение фильтра дренажа — ответственная задача, от решения которой зависит его устойчивость.

Минимальная толщина гравийно-песчаной обсыпки труб принимается равной 10 см, хотя возможны и меньшие размеры. По отношению к применяемым ныне у нас траншейному способу дренирования и методу "полки" мы допускаем увеличение толщины фильтра до 15 см.

Приведем результаты ряда исследований фильтров.

Р.Брутон, С.Гамеда и Ч.Гибсон в течение 1976–1979 гг. проводили исследование фильтровых обсыпок из разных материалов на опытной ферме в Квебеке (Канада). Испытывались следующие варианты труб в 3-х повторностях:

1. Стандартные гофрированные трубы из полиэтилена $d = 100$ мм с 120 отверстиями щелевыми на 1 м; щель 1,5 x 3 мм; без обсыпки; $f_{перф.} = 54$ см²/м;
2. То же, 590 отверстий на 1 м; 0,7 мм x 8 мм; без обсыпки; $f_{отв.} = 33$ см²/м;
3. "Cegex" — пористый нейлон $d = 100$ мм на полиэтиленовых трубах с отверстиями 1,5 мм x 30 мм; 120 отверстий на 1 м;
4. "Римэй" — пористый полиэстер на той же трубе;

5. Нйлон из волокон на той же трубе;
6. "Турач" - пористый полипропилен на той же трубе;
7. Гравийно-песчаная обсыпка на полиэтиленовой трубе $d = 80$ мм;
отверстия $0,8 \times 4$ мм; 510 штук на 1 м; $f_{emb} = 16 \text{ см}^2/\text{м}$.

Опыты проводились в легких супесях. В первый период исследования лучшие показатели, адекватные фильтрации через фильтр из гравийной обсыпки ($h = 0,75$ м; q_d в центре междренья = 15 мм/день), имели "Римей", "Серекс", "Турач", "Нйлон"; вдвое меньший расход - 8 мм/день - показали дрены без обсыпки с нормальными отверстиями; со щелями - 5,2 мм/день. Через 2 года, когда гравийный фильтр снизил расход до 12 мм/день, остальные уменьшили очень резко: "Турач", "Римей" - до 5 мм/день; "Нйлон" - 4 мм/день; "Серекс" - 2,5 мм/день.

Без обсыпки трубы заиливаются в первый же год [1, с.69-78]. Большой интерес представляет работа В.Диерикса [1, с.79-86] по изучению структурной устойчивости почв и определению необходимости в дренажной обсыпке.

Общеизвестно значение обсыпки для уменьшения входных сопротивлений потока в дренаж, защиты от попадания и движения почвенных частиц. Слабые неустойчивые песчаные грунты требуют обсыпки более чем стабильные структурные агрегатные.

Хорошо окатанные, правильной формы частицы позволяют создать более эффективную структуру обсыпки, чем зернистые. Здесь для слабосвязных грунтов, как установил Огинк (1978), размеры пор грунта должны быть более " d " почвенной частицы, так как эффект свода и проявление агрегированности удерживают частицы без перемещений и одновременно повышают их водоприемную способность. В то же время слабосвязные обсыпки опасны, исходя из возможности закупорки пор и отслаивания частиц.

Агрегатный состав почвогрунтов зависит не только от состава их, но и от влажности. Движущаяся вода создает силы в направлении движения, которые пропорциональны гидравлическому градиенту. Высокий градиент может разрушить агрегаты, вызывая закупорку пор и уменьшение коэффициента проницаемости обсыпки. Вилардсон (1979 г.) определил величины критических градиентов, которые отнес к d_{60} частиц почвы.

Экспериментальные исследования проводились на двух видах фильтрационных лотков: с подачей воды снизу и сверху. В процессе опытов установлено интересное явление: по мере увеличения гради-

ентов от 0 до 3 для меньшей исходной влажности - до 10 % K_f увеличивается почти в 2 раза, а затем начинает снижаться. Для больших влажностей K_f уменьшается сразу после понижения градиента.

Известный немецкий специалист по дренажу проф. Эггелсман [1, с.116-120] подчеркивает, что первые дренажные полиэтиленовые трубы были уложены в ФРГ в 1960 г. За период 1965-1970 гг. производство труб ПВХ достигло 44 тыс.км в год, а в 1981 г. - 80 тыс.км. Общее производство гофрированных труб достигло (с 1960 г.) до 850 тыс.км, из которых 65 % имеют $d = 50$ мм. В то же время он приводит данные о необходимости фильтров и их фактических свойствах:

Необходимость фильтра в различных почвах и тенденция к заилению

Показатель	Первичное заиление	Вторичное заиление
Крупные пески	-	-
Средние пески	+	+
Тонкие пески	++	++
Илистые пески	+++	+++
Глинистые пески	+	-
Сцементированные пески	+	-
Пески	+++	+++
Полевые супеси	+++	+++
Суглинистые или	++	++
Супеси глинистые	+	+
Суглинки	+	-
Суглинки легкие	+	-
Суглинки пылеватые	++	+
Глины	-	-

Наши взгляды на фильтровую обсыпку и исследования в этой области совпадают с выводами американских и других исследователей:

песчано-гравийные фильтры соответствующего фракционного состава 1÷2 мм обладают достаточной фильтрационной устойчивостью в широком диапазоне встречающихся грунтовых условий и в процессе работы дренажа обеспечивают хорошее взаимодействие системы "гравий-фильтр-труба". При этом с течением времени их фильтраци-

Физические свойства дренажных фильтров

Материал	Толщина, см	П л о т н о с т ь		Пористость, %
		г/л	г/см	
Солома	1,4	0,4	1,58	96
То же	1,3	9,6	1,58	94
Кокосовый орех	0,9	107	1,52	93
Древесная стружка	1,2	90	1,50	95
Фибромат	0,85	66	1,56	96
Акрил-целлюлоза	8,33	52	1,45	96
Полиэстерное волокно	0,5	138	1,38	90
Полипропилен	0,1	202	0,90	78
То же	0,35	118	0,91	87
Стеклохолст	1,3	5,7	2,62	98
Полипропилен	1,2	39	1,14	97

онные качества улучшаются, если содержание пылеватых частиц не превышает в исходном состоянии 10-12 %;

все синтетические и полимерные фильтры с течением времени уменьшают свою водоприемную способность, что вызвано как коагуляцией, так и заохриванием, уплотнением и другими явлениями.

Исходя из сказанного, при расчетах дренажа на эксплуатационный период необходимо учитывать как меньшую исходную водоприемную способность из-за меньшего периметра водоприемной поверхности (А.М.Мурашко, Н.И.Пивовар, Ф.Серебренников), так и изменение фильтрационных сопротивлений во времени (В.А.Духовный, В.И.Батов, Н.И.Горошков и, особенно, возникновение при больших напорах начального градиента в придренной зоне (В.А.Духовный, В.И.Батов).

Мнение советских и иностранных специалистов к другим требованиям по конструкции дренажа в основном совпадает:

- оптимальная величина стыка керамических труб и щели у гофрированных - 2-3 мм;

для керамических и гончарных труб обязательно устройство стыкующихся частей (раструба или конуса) с ограничивающими реборами (такой стык предложен У.Ю.Пулатовым (САНИИРИ);

запас дрен над максимальным уровнем воды в дрене-собирателе - 18-20 см;

допустимое отклонение от уклона не должно превышать 10 % внутреннего диаметра трубы, но не более 3 см, или 2 % диаметра

трубы на каждый метр длины. Допускается величина отклонения в 20 % и 5 % от диаметра на небольших участках – до 3–5 м длиной.

По данным исследований, отмечаются большие, чем у нас, требования к испытанию и проверке качества гончарных труб, более жесткие допуски по размерам отклонений. Кроме того, представляется рациональным использование конструкции крышек колодцев дренажа из глухих железобетонных плит с люком. Высота колодцев на 50 см выступает над землей.

Повсеместно отмечается, что бестраншейная технология в сочетании с полиэтиленовыми трубами совершила революцию в дренаже с 1965 г. Характерен обзор Ирвина и Джонстона, посвященный опыту строительства дренажа в Канаде [1, 121–127]. Еще в 1960 г. главным производителем дренажных труб в стране были заводы гончарных труб, выпускавшие 20 тыс. км дренажных труб ежегодно с темпами роста в 10 % в год. С 1966–1967 года в качестве эксперимента делались попытки применения бетонных и битумных труб, но они не получили распространения. В 1967 г. началось и получило широкое развитие производство дренажных гофрированных полимерных труб, которое тут же было поставлено на широкую коммерческую основу благодаря огромному спросу и эффекту от их применения. С 1967 г. укладка дренажных труб выросла с 20 до 60 тыс. км в год, в том числе поливинилхлоридных – с 0 до 50 тыс. км. Укладка дренажа проводится тремя типами дрепоукладчиков: траншейными – работает около 200 машин; бестраншейными, – количество их в 1980 г. достигло 100; узкотраншейными – 20 машин.

Если максимальная производительность при траншейной укладке в Канаде составила 300 м/чел в день, применение узкотраншейных дрепоукладочных машин привело к увеличению скорости укладки вдвое. Тем не менее этого оказалось недостаточно, и с 1974 г. стали широко применяться бестраншейные машины с производительностью до 7,5 км/день. Сейчас в Канаде около 100 машин укладывают полимерные трубы таким методом. Вместе с тем 6 дренажных машин созданы специально для укладки гончарных труб. Это привело к возможности ускорения темпов работ. Если ранее на дренирование одного участка в 12 га затрачивалась неделя, то теперь не более 2 дней. Стоимость дренажа резко снизилась, почти все дренажные машины оборудованы лазерной техникой.

На всей длине дрен применяется защитная обсыпка, в основном стеклотканная или из полимерных материалов. Глубина новых дрен несколько больше старых, исходя из их дополнительного сопротивле-

ния.

Не останавливаясь на известных данных о механизации дренажных работ за рубежом (Полад Заде, Томин, 1986 /8/), отметим, что если еще в 1966 г. ширина ножа бестрашнейного дреоукладчика была определена у нас минимумом в 25 см, то американская практика (Д.Фоус, В.Аккермат /1/, с.102-109), начав с ширины в 15 см и ножа типа "соха", сейчас перешли на ступенчатый рабочий орган нашего типа с шириной 25-30 см, дополнив его устройствами-потребителями, препятствующими возникновению полостей над дренами и ускоряющими облегание с фильтром при использовании сыпучих материалов.

Накопленный за рубежом опыт многолетней эксплуатации позволяет уже сейчас подытожить достижения и недостатки в применении дренажа. Интересен обзор работ по строительству и эксплуатации дренажа, сделанный опытным дренажным подрядчиком, много лет проработавшим на строительстве дренажа в штатах Огайо и Индиана с США (с 1946 г.) Ц.У.Швестерманом, где анализируются причины дефектов в укладке труб дренажных собирателей (/1/, с.93-101).

Только в подземном дренаже в Огайо протяженность закрытых дрен составила 18 098 км. Повсеместно на системах в этом штате, так же, как в Индиане и других штатах, наблюдаются определенные повреждения дрен - закупорка, разрушения устья и труб и др. Задаваясь целью определить причины этих дефектов, автор выявил следующее:

- отсутствие выходной трубы в устье или защитной стенки удовлетворительного вида и типа;
- неправильную установку - дно собирателя должно быть хотя бы на 0,5 д труб ниже дна труб дренажа;
- плохое качество труб и их малую прочность, особенно для тяжелых современных сельскохозяйственных машин;
- плохую стыковку труб;
- отсутствие наблюдений за поверхностным стоком;
- отсутствие наблюдения и систематического контроля за состоянием дрен и их эксплуатацией;
- наличие большого расстояния между стиками;
- факт плохого строительства и неправильного размещения водоприемников и сброса в них.

По данным многолетнего опыта автор установил, что выходные трубы были не длинными, но там, где при их завершении отстраивались оголовки или обратная стенка, состояние их было хорошим. Он пришел к заключению, что:



ни в коем случае нельзя укладывать дренажные трубы на рыхлое или неподготовленное основание;

необходимо усилить проверку качества строительства.

С учетом выявленных дефектов У.У.Швестерман и его сотрудники проработали следующие рекомендации по улучшению дренажа на будущее:

1. Оголовок водовыпуска — выход из дрен или сооружения — необходимо сооружать лишь хорошего качества, соблюдая соответствующие к ним требования по Стандартам и Нормам. При этом требования эти должны учитывать возможность повреждения поверхности подземным стоком, подпором и др.;

2. Трубы для концевых выпусков дрен должны быть глухими. Лучший тип — алюминий или ПВХ; они имеют наибольший срок службы. Минимальная их длина — 12 м. Они должны быть защищены от животных сеткой;

3. Применяемые трубы должны иметь необходимый диаметр, так как меньший "d" создает сопротивление, больший — удорожание;

4. Низкое качество труб вызывает поломки и разрушение. По мере увеличения мощности машин надо переходить на более прочные типы труб;

5. Защита труб от коррозии должна предусматриваться в зависимости от степени минерализации дренажных и коллекторных вод;

6. Необходимо тщательно соблюдать нужный уклон дрен. Нарушение уклона должно быть всячески предотвращено, в частности применением лазера, так как изменение уклона ведет к снижению водоприемной способности;

7. Дренажная линия должна быть гарантирована от возможного расширения стыков. При гончарных трубах можно применять специальное дожимное устройство, а при невозможности — делать обмотку стыков полосами материалов, матов, пластиков и т.д.;

8. Оптимальная длина труб для обеспечения водоприемной способности и недопущения провалов, промоин следующая:

для $d = 20, 25, 30$ см	$L = 60-90$ см
$d = 38$ см	$L = 76-91-122$;

9. Не допускать укладку труб на слабое основание. При ослабленном основании либо применять подсыпку гравия, либо сплошные полимерные трубы в виде плети;

10. Должен быть обеспечен надежный контакт дренажных труб с обсыпкой. С этой целью обратная засыпка слоем 7,5 — 15 см над дренажной делается вручную или специальным механизмом;

II. Трубы необходимо укладывать в траншею достаточной ширины, особенно для недопущения свода:

$$b_{гр.} = (d_N + 2 \times) 15 \text{ см.}$$

где $b_{гр.}$ - ширина траншеи;
 d_N - наружный диаметр трубы;

12. Плохое качество обратной засыпки в траншее может быть устранено с помощью специального засыпателя с хоботом либо с помощью лезвия, прорезающего эту обсыпку;

13. Необходимо обеспечить равномерность зазоров в стыках, особенно в верхней части; расширенную часть стыков заделать раствором, паклей и т.д.;

14. Не допускать сосредоточенных потоков воды вдоль дрены;

15. Не допускать засорения главных дрен и собирателей пульпой и сором из вторичных дрен;

16. Не допускать подпора с коллектора;

17. Собиратели в виде пониженных участков (отстойников) на дренах устраиваются в исключительных случаях, когда не может быть предотвращен постоянный вынос мусора из дрен;

18. Глухие колодцы на дренах нежелательны для обеспечения хорошего осмотра состояния;

19. Колодцы должны иметь надежные стыки и герметичное соединение с дренажной линией (желательно полимером.).

20. На переходах через дорогу необходимо применять защитные трубы: - это труба полиэтиленовая в трубе железобетонной или используются преднапряженные железобетонные трубы вместо гончарных.

21. Открытые коллекторы должны систематически осматриваться и очищаться.

22. Протяженность дрен должна быть на 15-20 % больше, чем по расчету водоприемной их способности, так как обычно этот процент дрен не работает.

Особое внимание должно быть уделено качеству закрытых коллекторов.

Экономический эффект дренажа орошаемых земель можно показать на опыте долины Сан-Хоакин в Калифорнии (/1/, 170-177).

В Калифорнии из 3,2 млн.га 160 тыс.га подвержены засолению и 400 тыс.га заболачиванию. Большинство этих земель - тяжелодренируемые почвы с высокой минерализацией грунтовых вод - 10-15 г/л при уровне их в 1,5 м. В таких условиях урожай снижается на 20-30 %.

Средняя продуктивность земель при глубине грунтовых вод 3 м составляет 1984-2214 доллара/га; при 1,5-3 м - 1760-1977 (на 11 % меньше); при 1,5 м - 1380-1710 доллара/га (на 23 % меньше).

Ежегодные потери дохода оцениваются в среднем на требующих дренаж земель в 370 доллара/га при приведенной стоимости дренажа - 99 доллара/га.

Как огромную победу мастерства дренажирования земель описывает Х.Клайн осуществление дренажа бассейна оз. Тулар в той же долине Сан-Хоакин /9/. На площади 4700 га за 2 г. построен дренаж глубиной 2,2-3 м протяженностью 400 км на территории 18 ферм, что обошлось в 25 млн. долларов (4 тыс. руб/га). Особенность строительства - применение бестраншейного метода строительства с гравийно-песчаной обсыпкой в условиях очень плотных грунтов, перемежающихся оплывающими песчаными прослойками. Из-за отсутствия уклонов местности и хорошего водоприемника последние были устроены в виде бассейнов-испарителей площадью по 60 га с колодцами, принимающими дренаж и коллекторы по лучевой схеме. Глубина каждого колодца 6,6 м (22 фута). Заполняется испаритель после 90 дней работы дренажа.

Для эксплуатации дренажного бассейна создан дренажный округ как объединение землепользователей, где каждый фермер оплачивает налог в размере 1,6 долларов за 1 га самотечного дренажирования и 46 долларов - при сбросе в испарительный бассейн.

Подрядчики и фермеры считают, что двухлетний опыт очень удачен, так как позволяет дренировать по 2-3 тыс. га в 1 год одновременно на одном участке. Сейчас в бассейне Сан-Хоакин нуждаются в дренаже более 70 тыс. га, а построено с 1966 г. лишь 28 тыс. га; к 2000 г. потребность в дренаже составит здесь около 240 тыс. га.

Для сравнения отметим, что достигнутые в Голодной степи темпы строительства дренажа на ранее орошавшихся без дренажа землях в 1969-1975 гг. составляли 4-5 тыс. га в год благодаря применению бестраншейного дренажа.

Таким образом, назвать дренажное строительство в долине Сан-Хоакин "крупнейшим в мире" - смело и нереально.

Проведенный обзор основных зарубежных воззрений и тенденций в дренажировании орошаемых земель и его сопоставление с отечественным уровнем позволяют с удовлетворением констатировать научный и временной приоритет наших исследований в области теории дренажа орошаемых земель, конструкции дренаж, технологических и конструк-

тивных решений механизмов даже по сравнению с такими передовыми в этом отношении странами, как США, ФРГ, Канада и т.д.

По степени оснащенности орошаемых земель дренажными устройствами, хотя мы и не достигли полного обеспечения современными типами дренажа всех угодий, тем не менее СССР опережает большинство стран мира по степени обеспеченности ($\approx 80\%$). При этом, если США, Голландия и другие "законодатели технической политики" в области дренажа лишь сейчас начали наиболее правильно подходить к дифференциации глубины дренажа и к ее нарастанию в зависимости от степени аридности климата, сложности почвенных условий и минерализации грунтовых вод, у нас эти вопросы отработаны уже 1,5-2 десятилетия тому назад.

Следует отметить, что уже в 1965-1968 гг. в Голодной степи, Украине и Азербайджане были достигнуты высокие - до 6 тыс. км в год - темпы укладки дренажа. В других частях страны, к сожалению, разворот и темпы строительства дренажных работ были крайне медленны.

Намеченная сейчас Минводхозом СССР линия на завершение в 1986-1990 гг. в основном оснащения оросительных систем страны совершенными типами дренажа по техническим параметрам и удельным совокупным затратам поставит нас, по сути, на ведущее место в мире и по практическому осуществлению дренажных работ, и по продуктивности плодородия орошаемых земель.

По бестраншейной технологии и средствам механизации мы значительно опередили зарубежные страны: уже в 1967 г. были отработаны и машины, и методы, и конструкции бестраншейных дрен, но слабая машиностроительная база, по сути, свела на нет эти наши усилия, так как серийный выпуск бестраншейных дрен до сих пор не налажен, и строятся они лишь механизмами, созданными совместно ВНИИГИМом, Голодноостепстроем и ГСКБ по ирригации. Требуется интенсивное развитие в стране серийного изготовления средств механизации дренажных работ - дреноукладчиков, дренопромывщиков, машин для устройства корыта, эксплуатации дрен. В то же время следует учесть зарубежный опыт в повышении долговременности и надежности работы сооружений; при этом обратить особое внимание на ожесточение допусков при приемке систем дренажа в эксплуатацию. Необходимо использовать и некоторые конструктивные решения, рекомендуемые в США (устье, колодец и т.д.).

В то же время и в советской, и в зарубежной практике имеется ряд проблем, требующих дальнейших исследований и доработки.

Среди них можно отметить следующие:

уплотнение грунта в зоне укладки при строительстве дренажа под уровень грунтовых вод;

роль дренажа в управлении уровнем грунтовых вод, в недопущении переосушения, в снижении потребности в оросительной воде (т.е. то, что мы называем оптимизацией мелиоративного режима), включая субиригацию;

улучшение информационной базы для сбора данных о работе дренажа и об их влиянии на выполнение требований растений к режиму почв с резким повышением достоверности этих данных, что тесно связано с улучшением и управлением водным режимом почв;

связь требований к дренажу, к его интенсивности с режимом управления водой – повышение КПД на 10 % резко снижает потребность в дренаже; учет потерь воды не только в поле, но и с каналов. Вопрос стоит не только в их количественном учете, но и в распределении по площади и взаимодействии с дренажем;

работа дренажа с позиций борьбы с засолением в увязке с качеством воды, с уменьшением промывной доли;

проблема сверхглубокого дренажа без уплотнения и переформирования прифилтровой зоны. Возможность ввода стабилизаторов или искусственных грануляторов для замены фильтра из гравия на искусственный (известен ряд не совсем удачных попыток в этом отношении в Бельгии, США, Израиле);

усиление растворимости солей на фоне дренажа;

учет изменения водно-физических свойств почвы в процессе работы дренажа (уменьшение плотности, увеличение пористости и т.д. в различных условиях).

Список использованной литературы

1. "Advanced drainage", 1983, ASAE, Proceedings of III Special drainer, USA.
2. N.Y.Dhruva Narayana. "Improvement on land utilization resulting from drainage", N.Delhi, 1976, p.270.
3. "Drainage manual". Water Resources T.Pudlication US Department, BR, 1978, p.280.
4. FAO 1983, "Land, food and population", FAO, Rome, Italy, p.12-34. Proceedings of the 1st Indian Congress of National Environment, New Delhi, 1982, p.5-7.

5. K.Framji. "Food for au by 2000 AD". Second ND Gulhate memorial lecture, May 1984, USA, Fort Collins, p.I-57.
6. M.E.Jensen. "Design and operation of farm irrigation systems", ASAE, Monograph N 3, 1981, Michigan, p.I45-I47.
7. Boumans J.H., Hulsdos W.C. and others. "Reclamation of salt affected soils in Irag", Washingen, 1963.
8. Полад-заде П.А., Томин Е.Д. Машины фирмы ФРТ для эксплуатации мелиоративных систем, Гидротехника и мелиорация, № 7, 1986 г. - с.70-73.
9. H.Cline. "Waging war against soil - the highest project reclamation in world", "Irrigation Age", 1985, N 4, p.41-43.
10. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. - М.: АН СССР, 1946. - 568 с.
- II. Духовный В.А. К вопросу об установлении параметров мелиоративных режимов. Сб. научн. тр./Среднеаз.НИИ ирригации, 1976, вып. I48, с.3-20.
- I2. Духовный В.А., Сорокина И.А. Учет взаимодействия горизонтального дренажа, коллекторов и техники на грунтовые воды и рассоление почвогрунтов. Душанбе: Ирфон, 1983.

Х.И.Якубов, канд.техн.наук
 Р.К.Икрамов, канд.техн.наук
 Н.Х.Зайнутдинова
 М.У.Азенов

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

(на примере северо-западной части Голодной степи)

Опыт эксплуатации скважин вертикального дренажа показывает, что мелиоративная эффективность его зависит от работоспособности системы, которая определяется производительностью скважин и эксплуатационной надежностью технологического оборудования. Установлено / I /, что со временем в скважинах, оборудованных фильтровыми каркасами из металлических труб и эксплуатирующихся в условиях высокоминерализованных подземных вод, дебит и удельный дебит постепенно уменьшаются за счет физико-химической коагуляции фильтра.

Скважины, эксплуатируемые в Голодной степи, подвержены коррозийным (при минерализации откачиваемых вод до 3 г/л), коррозионным (до 5 г/л) и смешанным (3-5 г/л) процессам. Интенсивность снижения дебитов изменяется от 5 до 9 % в год в зависимости от минерализации откачиваемых вод. В северо-западной части Голодной степи она равна в среднем 7 %.

Довольно длительное время снижение дебитов можно компенсировать четко налаженной эксплуатацией системы, поддерживая оптимальную продолжительность работы системы (КПР).

При проектировании систем вертикального дренажа величина КПР, устанавливаемая в соответствии с "Инструкцией по эксплуатации систем (скважин) вертикального дренажа"—0,8, которая была принята на основании исследований на отдельных опытно-производственных системах, трудно достижима в производственных условиях. Фактическая величина КПР по системам колеблется от 0,12 в Чимкентской до 0,75 в Сырдарьинской областях.

Средневзвешенная величина КПР по хлопковой зоне Средней Азии составляет 0,43. Снижение фактического значения КПР по сравнению с проектным вызвано вынужденными простоями скважин по различным причинам: главными из которых являются простои из-за отказов насосно-силового оборудования и отсутствие исправных агрегатов в момент отказа, которые составляют до 52 % от всех простоев.

Эти обстоятельства приводят к снижению дренируемости орошаемых земель, подъему уровня грунтовых вод, вторичному засолению земель, что сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур.

Главная причина низкой дренируемости территории — недостаточная эксплуатационная надежность систем. Повышение ее требует проведения следующих мероприятий:

выбор конструкций скважин, обеспечивающих долговечную, бесперебойную работу, в частности, применение неметаллических труб в качестве фильтра;

увеличение КПР скважин;

проведение ремонтно-восстановительных работ.

Реализацию этих задач следует проводить поэтапно.

I. Определить значение КПР исходя из характеристик надежности элементов скважин рассматриваемой СВД, а также значение КПР, которое можно рассчитать при имеющихся материально-технических средствах (новое оборудование, поступающее в счет амортизацион-

ных отчислений, отремонтированные агрегаты, ремонтные бригады, подъемно-транспортные средства) по формуле

$$KIP = \frac{1}{\lambda_H \cdot T_H + \lambda_{cy} \cdot T_{cy} + \lambda_{ac} \cdot T_{ac} + K_1 + K_2 + K_3} \quad (I)$$

где $\lambda_H, \lambda_{cy}, \lambda_{ac}$ — интенсивность отказов электронасоса, станции управления и отводящей сети, 1/ч;
 T_H, T_{cy}, T_{ac} — среднее время устранения одного отказа указанных элементов скважины [3];
 K — доля рабочего времени скважины, характеризующая простои из-за отключения электроэнергии (K_1); по другим техническим причинам (K_2); по просьбе хозяйств и в соответствии с режимом откачек (K_3); для северо-западной части Голодной степи она составляет 0,40; 0,04; 1,6.

Полученную величину KIP необходимо уточнить с учетом имеющихся материально-технических ресурсов. Проверка производится для каждого элемента k следующим образом. Определяем ожидаемое число отказов каждого элемента

$$a_k = \lambda_k \cdot KIP_p \cdot T_{год} \cdot N_{ска} \quad (2)$$

Величина обменного фонда по каждому элементу складывается из новых элементов, получаемых в счет амортизационных отчислений, и отремонтированных.

Путем сравнения ожидаемого числа отказов a_k с обменным фондом $O_{фк}$ проверяем возможность получения расчетного KIPPC.

В случае, если a_k больше обменного фонда, т.е. $a_k > O_{фк}$, то KIP_{расч} достичь невозможно:

$$KIPPC \neq \frac{O_{фк}}{a_k \cdot T_{год} \cdot N_{ска}} \quad (3)$$

Если $a_k < O_{фк}$, можно увеличить KIP_{расч} за счет уменьшения времени простоя элементов скважин и тем самым обеспечить прогнозируемый мелиоративный процесс. При $a_k > O_{фк}$ следует оценить направление мелиоративного процесса.

I. Оценка направления и темпов мелиоративных процессов производится с помощью общих и частных водно-солевых балансов рассмат-

риваемой территории как при существующем значении КИР, так и при КИР, получаемом в результате прогнозных расчетов по его повышению.

2. При неблагоприятном прогнозе следует выбрать способ восстановления дебита скважин: механическая очистка, химическая обработка, импульсный метод и т.д. Эффективность способов восстановления определяется коэффициентом восстановления $(K_2)^*$, который на основании производственных опытов, проводившихся САННИРИ при различных способах восстановления, изменяется от 0,7 до 1,0 /1/.

3. Выявить минимальный уровень дренированности территории (критическая дренированность), при котором можно добиться рассоления земель до определенной величины и в дальнейшем поддерживать нормальное состояние почв.

4. Определение сроков и объемов ремонтно-восстановительных работ или перебуривания производится путем расчета времени достижения критической дренированности с помощью прогнозных водно-солевых балансов. Число скважин, на которых необходимо проводить восстановительные работы с учетом КИР в прогнозных условиях, устанавливаем по формуле

$$n' = \frac{\Delta D_{\delta} \cdot F_{\delta}}{(Q_2 - Q_1) \cdot 86,4 \cdot T \cdot K_{ИР}}, \quad (4)$$

где $\Delta D_{\delta} = D_{\delta_{кр}} - D_{\delta_{ф}}$ — разность между дренированностью до проведения восстановительных работ ($D_{\delta_{ф}}$) и "критической" ($D_{\delta_{кр}}$);

F_{δ} — валовая площадь балансового контура;

T — календарная продолжительность работы СВД;

Q_1 — дебит скважины перед восстановлением;

Q_2 — дебит скважины после восстановления.

Расчеты следует проводить в два этапа:

на первом этапе определяют объем мероприятий для быстрого рассоления почв до предельно допустимой величины;

на втором — устанавливают объем ремонтно-восстановительных работ по поддержанию достигнутого рассоления земель, т.е. предотвращению реставрации засоления.

* Коэффициент восстановления — отношение дебита до восстановления к дебиту после восстановления.

Изложенная методика обоснования сроков и объемов ремонтно-восстановительных работ показана на примере северо-западной части Голодной степи (Джетысайский и Пахтааральский районы Чимкентской области) по состоянию ГМС на октябрь 1985 г. Здесь к 1986 г. построены 809 скважин вертикального дренажа: 273 - в Пахтааральском, 273 - в Джетысайском и 263 - в Кировском районах. В результате планомерной эксплуатации этих скважин уровень грунтовых вод колебался в пределах 1,8-2,2 (весна)-3,0-4,0 м (осень). Минерализация грунтовых вод снизилась и стабилизировалась в пределах 3-5 г/л, вынос солей из зоны аэрации составил 10-25 т/га в год. Площадь незасоленных и слабозасоленных земель в Пахтааральском районе составила 95-96 %, в Джетысайском - 70-75 против 45-50 % до внедрения СВД. Несмотря на это, с 1982-1983 гг. на территории районов началась реставрация засоления почв, особенно резко этот процесс проявился в Пахтааральском районе, где СВД эксплуатируются более 15-20 лет. Здесь, по данным ДУЗВД, к 1983 г. насчитывалось 45 % средне- и сильнозасоленных земель. В Джетысайском районе этот процесс начался сравнительно недавно, хотя в дальнейшем он может протекать более быстрыми темпами.

Основной причиной ухудшения мелиоративного состояния земель является резкое снижение дренированности территории. Так, фактическая дренированность земель в Пахтааральском и Джетысайском районах за последние годы изменялась соответственно в пределах 1,2-1,6 и 1,6-2,2 тыс.м³/га в год против 6,2-6,5 тыс.м³/га по проекту.

Причиной резкого снижения дренированности территории является снижение работоспособности скважин (дебита и КПР).

Результаты обследования технического состояния скважин показали, что средний расход одной скважины в Пахтааральском районе на 1 января 1986 г. составил 33 л/с, в Джетысайском - 38 против 65-70 л/с в начальный период их эксплуатации. Это означает, что даже при проектном КПР 0,8-0,85 дренированность будет снижена в 2,0-2,5 раза.

Фактическая же величина КПР, рассчитанная путем обработки данных ДУЗВД о потреблении электроэнергии за 1980-1983 гг., составила в Пахтааральском районе 0,19 - 0,26, в Джетысайском - 0,16 - 0,22. Причиной низких показателей работы СВД являются простои скважин как исправных - из-за отсутствия электроэнергии (14,1 %), по

просьбе хозяйств и по режиму откачек (25,2 %), так и неисправных – вследствие отказов насосно-силового оборудования (36,4 %) и гидротехнических сооружений (19,3 %), других технических причин (3,0 %). Значительную долю составили простои скважин из-за отсутствия исправных агрегатов насосно-силового оборудования (10–15 %).

По "Нормам амортизационных отчислений..." / 2 / ДУЗВД должны получать 35 % новых насосов от числа скважин. Однако в 1983 г. в Джетысайский район поступило в среднем около 50 агрегатов против 92, в Пахтааральский – 56 вместо 94.

Ремонт отказавших насосов производит ремонтная база СПМК-79, проектная производительность которой 1200 ремонтов в год. Фактически эта величина колебалась от 828 до 981, из них 639–728 ремонтов пришлось на нужды ДУЗВД. В Джетысайский район поступило в среднем 259 отремонтированных агрегатов, в Пахтааральский – 206. Разница в распределении объясняется неравномерной доставкой агрегатов на базу.

Расчетные значения КИР для Джетысайского и Пахтааральского районов определяются по формуле (1).

Количество отказов электронасосов, станции управления и отводящей сети управления, рассчитывается согласно инструкции [3].

Время устранения отказа каждого элемента определяется на основе анализа работы эксплуатационной службы ДУЗВД при КИР 0,5–0,6.

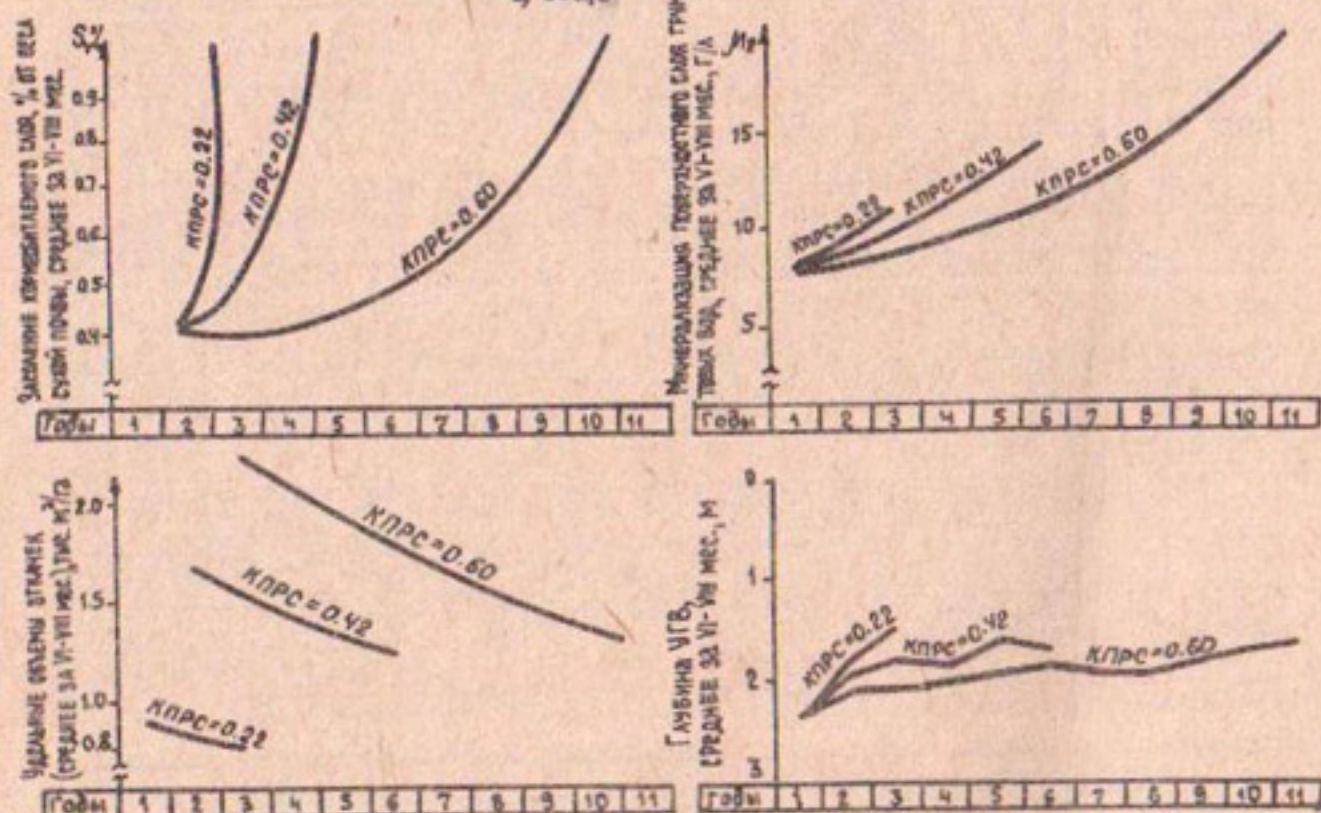
Величины $\lambda_{cy} = 0,00017 \text{ 1/ч}$; $\lambda_{oc} = 0,0016 \text{ 1/ч}$;
 $T_n = 528 \text{ ч}$; $T_{cy} = 355 \text{ ч}$; $T_{oc} = 1097 \text{ ч}$ одинаковы для обоих районов. Средневзвешенная величина интенсивности отказов насосов в Пахтааральском районе составила 0,000 344 1/ч, в Джетысайском – 0,00 028 1/ч. Простои по просьбе хозяйств при этом не учитывались.

Таким образом, при существующем техническом состоянии скважин и уровне эксплуатации значения КИР могли бы составить для Джетысайского района 0,53, для Пахтааральского – 0,59.

Проверяем возможность получения таких значений по формуле (3).

Ожидаемое число отказов за год при расчетных значениях КИР в Джетысайском районе должно быть 351, в Пахтааральском – 442. Среднемноголетнее поступление отремонтированных и новых в счет

ПАХТААРАЛЬСКИЙ РАЙОН

 $Q=33 \text{ л/с}$ 

ДЖЕТЫСАЙСКИЙ РАЙОН

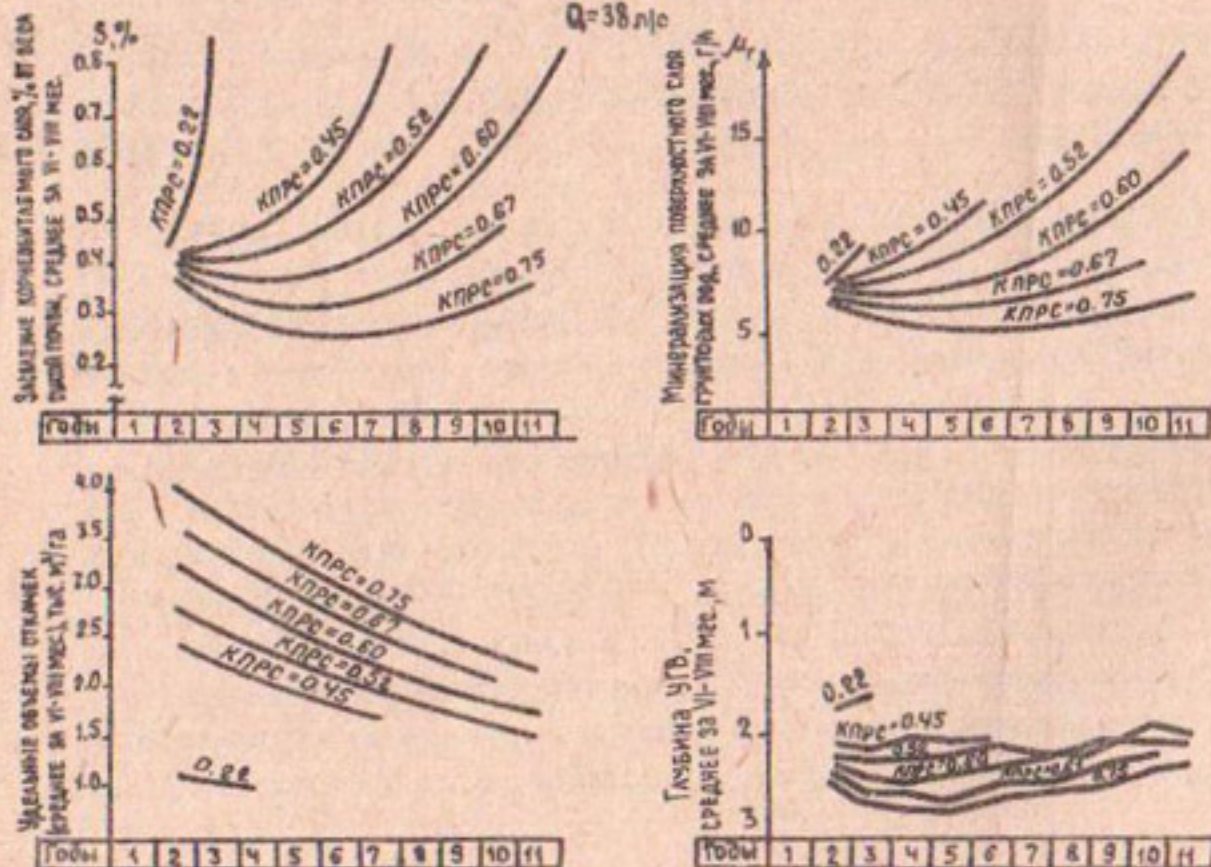
 $Q=38 \text{ л/с}$ 

Рис. 1. Прогноз влияния снижения работоспособности СВД на основные показатели мелиоративного состояния земель.

Как показали прогнозные расчеты по определению объемов и сроков восстановительных работ (табл.2), самым невыгодным оказался первый вариант, когда из-за недостаточной обеспеченности ДУЗВД материально-техническими ресурсами СВД эксплуатировалась с низким КПР - 0,29 в Пахтааральском и 0,45 - в Жетысайском районах. В этом случае для обеспечения критического объема откачек необходимо в Пахтааральском районе перебурить одновременно в мелиоративный период 264 скважины (рис.2). Однако через год дебиты этих скважин снизятся до 59-60 л/с, что потребует проведения ремонтно-восстановительных работ на вновь построенных скважинах. В Жетысайском районе необходимо провести ремонтно-восстановительные работы на 159 скважинах. Восстановление их дебитов позволит эксплуатировать систему в течение двух лет без проведения ремонтных работ, но начиная с 1989 г. эти работы следует возобновить на 26-36 скважинах ежегодно (рис.3).

Лучшими оказались варианты прогнозных расчетов, когда на объектах эксплуатации осуществляются мероприятия по повышению значений КПР (рис.2,3). В этом случае для достижения требуемой дренированности необходимо проведение минимальных объемов ремонтно-восстановительных работ. Так, в Пахтааральском районе необходимо выполнить восстановительные работы на 43-120 скважинах в течение первого года и затем на 16-23 скважинах ежегодно. В Жетысайском районе до 1989-1990 г. можно обойтись без ремонтных работ, но потом ежегодно проводить их на 11-17 скважинах.

Важным показателем восстановительных работ является длительность межвосстановительных периодов (рис.4). Так, в Пахтааральском районе при восстановлении дебитов скважин механической очисткой межвосстановительный период составит при работе СВД с КПР 0,42 - 4 года; 0,54 - 10 лет; 0,6 - 14 лет; в случае их перебуривания соответственно 8; 17; 22. В Жетысайском районе межвосстановительный период составит при работе СВД с КПР 0,45 - 7 лет; 0,52 - 12 лет; 0,6 - 18 лет; 0,75 - 29 лет; при перебуривании соответственно 12; 19; 27 и 40.

Расчетные значения КПР - 0,54-0,60 для СВД в Пахтааральском и 0,67-0,75 в Жетысайском районах можно получить путем увеличения ресурсов по насосно-силовому оборудованию.

Для этого следует:

расширить мощность ремонтной базы до проектной величины с объемом ремонта 1200 насосов в год;

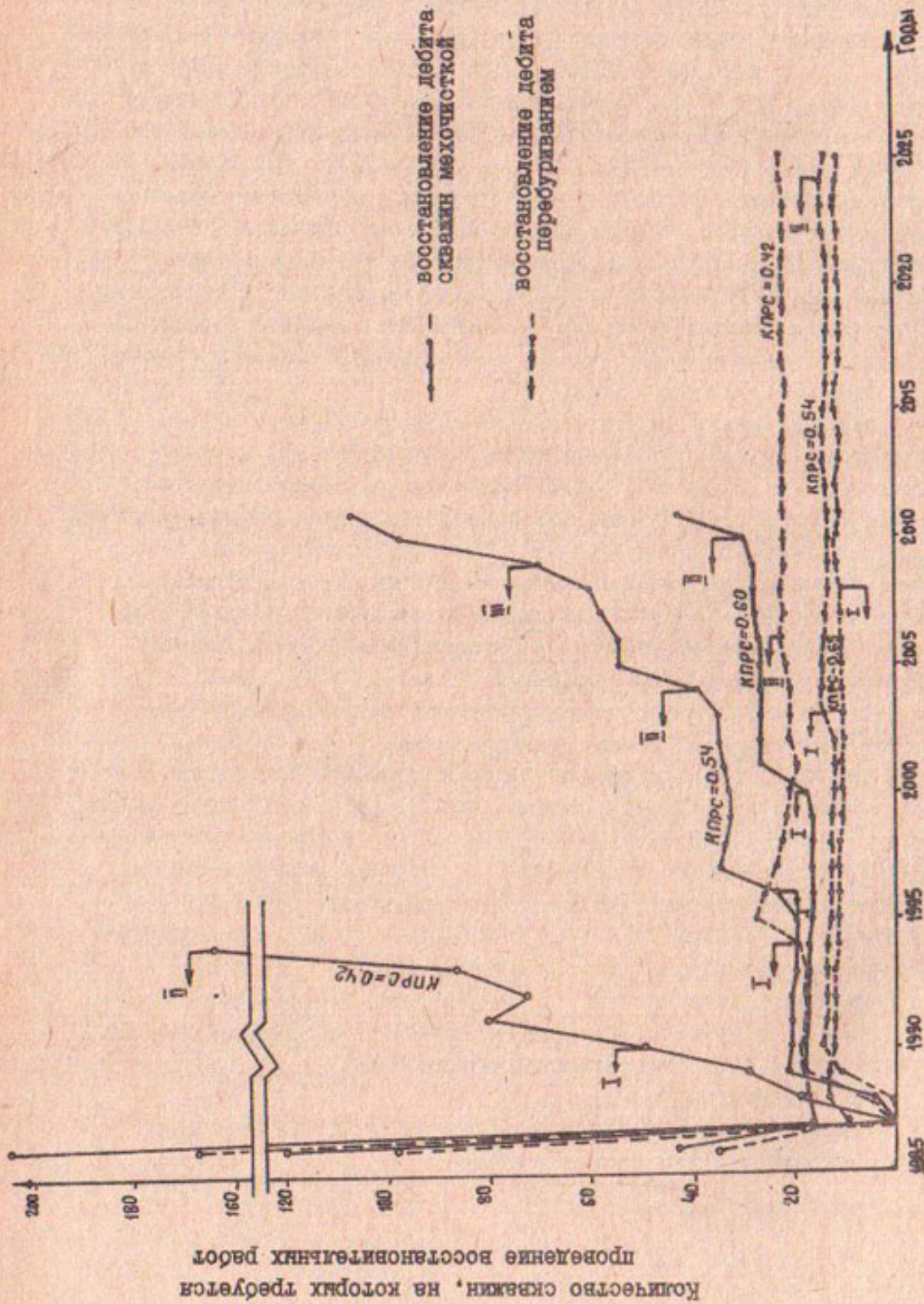


Рис. 2. Прогноз ежегодных объемов восстановительных работ на СВД Пахтааральского района при различных КРР.

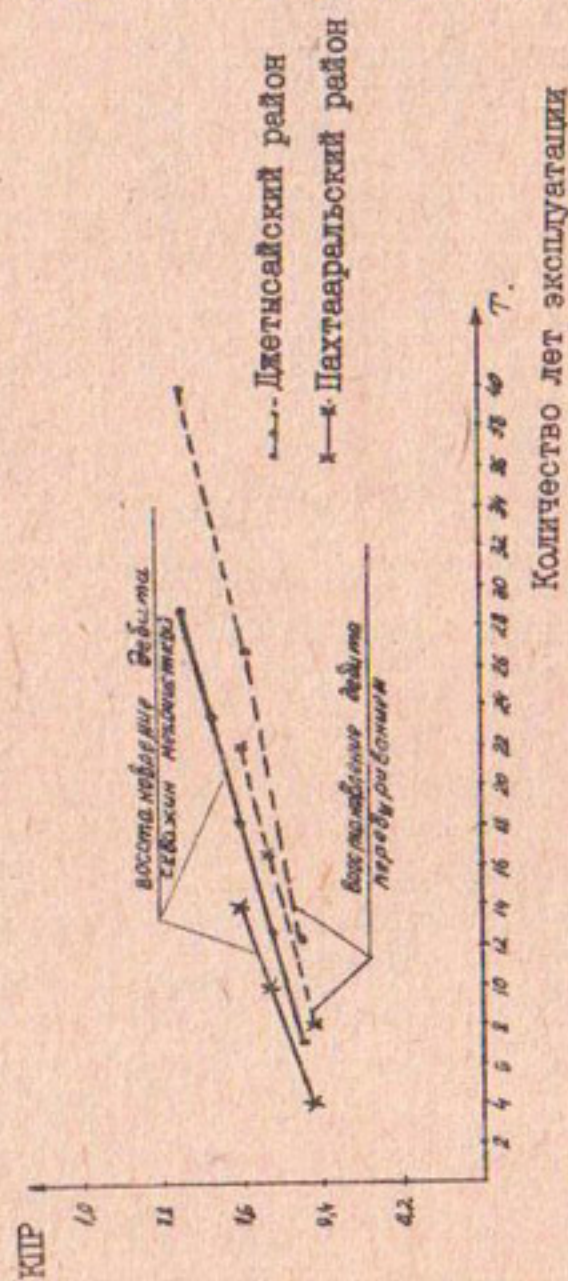


Рис.4. Влияние КИР на продолжительность первого межвосстановительного периода.

оставить все отремонтированные агрегаты в ведении ДУЭВД, а для покрытия потребности СВД, построенных в других районах, предусмотреть строительство дополнительной ремонтной базы;

обеспечить ДУЭВД новыми насосами согласно "Нормам амортизационных отчислений...", утвержденных в 1974 г. Свести до минимума отключение скважин по просьбе хозяйств, которое составляет 2,7-52,2 % от общих простоев.

Таким образом, наиболее целесообразным решением обеспечения критического значения дренированности земель является одновременное осуществление мероприятий как по повышению КПРС до прогнозных величин (0,6 - для Пахтааральского и 0,67-0,75 - для Джетисайского районов), так и соответствующих им объемам работ по восстановлению дебита или перебуривания скважин.

Список использованной литературы

1. Якубов Х.И., Абиров А., Джалилова Т. Пути повышения работоспособности скважин вертикального дренажа - УАНИИТИ, Ташкент, 1983. - 30 с.
2. Нормы амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства СССР и положение о порядке планирования, начисления и использования амортизационных отчислений в народном хозяйстве. - М.: Экономика, 1974. - 186 с.
3. Временная инструкция по обоснованию материально-технических средств для обслуживания систем вертикального дренажа. - Ташкент, 1984.
4. Инструкция по эксплуатации систем (скважин) вертикального дренажа. - М.: Союзводпроект, 1976. - 112 с.

Г.Е. Батурин, канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

За последние 25-30 лет развитию дренажа на орошаемых землях уделялось большое внимание. Так, только в Узбекской ССР протяженность коллекторно-дренажной сети возросла с 27,8 в 1960 г. до

113,8 тыс.км в 1985 г., т.е. более чем в четыре раза. В эти годы получили широкое развитие прогрессивные системы дренажа – закрытый горизонтальный и вертикальный дренаж (табл. I). За этот период построено и эксплуатируется около 31 тыс.км закрытого горизонтального и 3,6 тыс.шт. скважин вертикального дренажа. В последнее время в Каршинской степи находят широкое применение скважины-усилители комбинированного дренажа.

Общая площадь, дренируемая совершенными типами дренажа, составляет около 920 тыс.га и в основном расположена на новоосваиваемых землях Джизакской, Голодной, Каршинской и Сурхай-Шарабадской степей, вертикальный дренаж – на староорошаемых землях Сырдарьинской, Бухарской и Ферганской областей. В перспективе по материалам инженерно-мелиоративного районирования, выполненного САНИИРИ, Узгипроводхозом и Средазгипроводхозом, необходимая оснащенность орошаемых земель должна составить: закрытого горизонтального – 112,0 тыс.км, скважин вертикального – 7,8 тыс.шт. и скважин-усилителей комбинированного дренажа – 97,8 тыс.шт.; протяженность открытой коллекторно-дренажной сети сохранится в пределах 45–50 тыс.км.

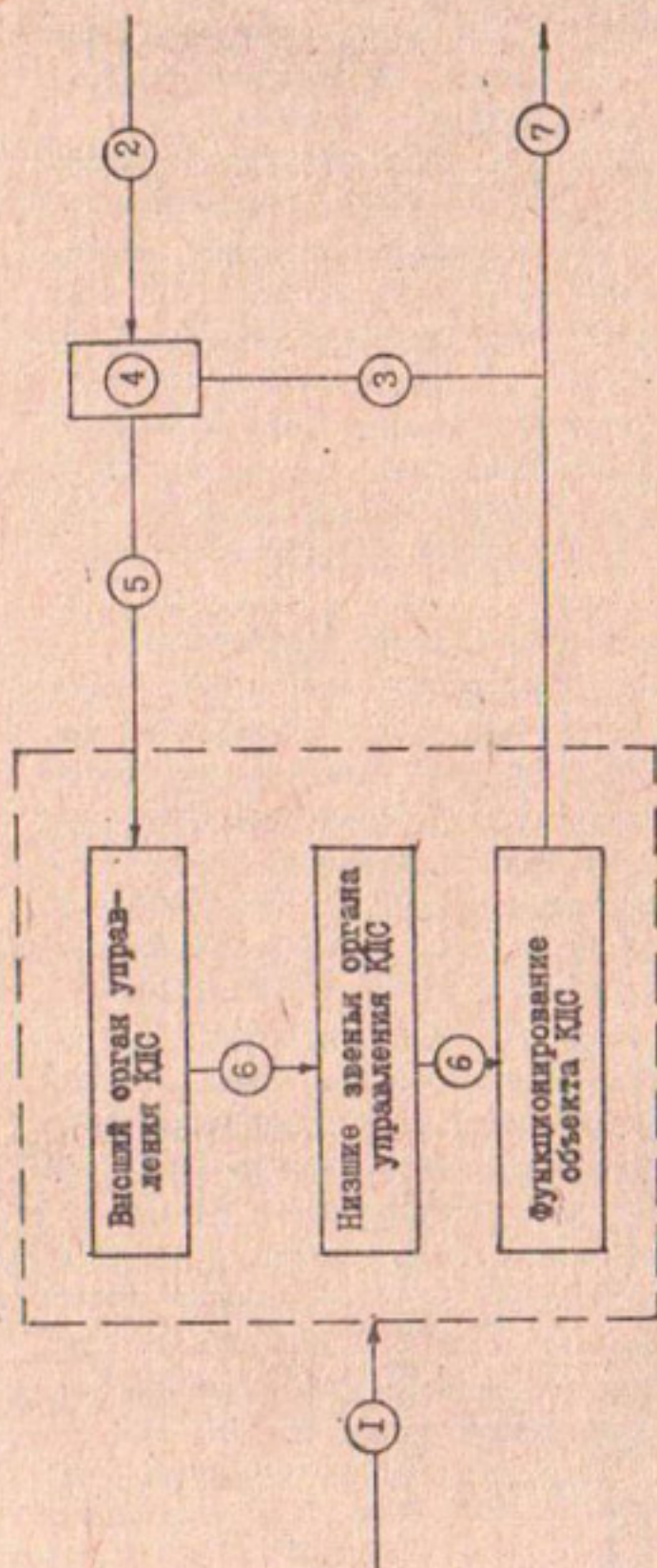
Основной функцией коллекторно-дренажных систем является отвод избыточных почвенно-грунтовых вод за пределы орошаемой территории для поддержания оптимального мелиоративного режима почвогрунтов. Необходимо отметить, что ущерб от длительного перерыва работы КДС или недостаточного отвода ее избыточных почвенно-грунтовых вод оценивается не только количеством недобранной сельскохозяйственной продукции, но и приводит к значительным затратам материально-технических и трудовых ресурсов на последующее оздоровление земель.

Известно, что в процессе работы любого сооружения, в том числе и КДС, происходят изменения как конструкции в целом, так и отдельных ее элементов вследствие ряда причин – природных, технологических, хозяйственных. Снизить степень их воздействия можно лишь путем повышения культуры земледелия и эксплуатации КДС. Поэтому одним из принципов совершенствования организации эксплуатации КДС является улучшение не только структуры организации, но и всего комплекса условий, в которых она функционирует. Эти взаимосвязи показаны на рисунке. При этом не всегда правомерным будет для данных природно-хозяйственных условий превышение возможной или фактической работоспособности над потребной, так как это приведет к иссушению почвогрунтов, снижению их плодородия и необходимости

Т а б л и ц а I

Динамика развития коллекторно-дренажных систем в Узбекистане

Показатель	: 1960 г. :	1965 г. :	1970 г. :	1975 г.: 1980 г. :	1985 г.
Протяженность коллекторно-дренажной сети, тыс.км	27,8	37,2	55,4	76,3	92,2 113,8
В том числе закрытого горизонтального дренажа, тыс.км	0,1	1,63	8,3	18,4	25,1 31,1
Количество скважин вертикального дренажа, шт.	50	190	765	1250	2560 3635
Площадь, оснащенная совершенным типом дренажа, тыс.га	8,9	69,7	260,7	490,2	729,2 923,4
В том числе					
Закрытый горизонтальный дренаж	1,7	42,5	163,2	279,0	397,8 510,5
Вертикальный дренаж	7,2	27,2	97,5	211,2	331,4 412,9



Связи организационного управления КДС:

1 - природно-хозяйственные условия дренируемой территории;

2 - проектная работоспособность КДС;

3 - фактическая работоспособность КДС;

4 - критерий сравнения; 5 - информация для управления КДС;

6 - производственно-технологические связи в организации управления;

7 - потребная работоспособность КДС.

дополнительных затрат оросительной воды и удобрений. Если она меньше потребной — мелиоративное состояние дренируемых земель ухудшается.

В этой связи функциями эксплуатации КДС являются оперативный сбор информации о ее техническом состоянии и фактической работоспособности и, исходя из мелиоративного состояния дренируемых земель и их сельскохозяйственного использования, выдаче управляющих воздействий на обеспечение потребной (критерии сравнения, блок 5) работоспособности КДС, а при недостаточных ее размерах — на планирование и проведение ремонтных работ.

Следовательно, совершенствование служб эксплуатации КДС должно осуществляться исходя из условий получения достоверной информации о состоянии объекта с начала строительства дренажа и в последующем при его эксплуатации. Очевидность этих положений бесспорна, но в то же время именно недостаточный технический уровень эксплуатации КДС, а также подготовленности землепользователей к ведению сельскохозяйственного производства на дренированных землях характеризуют в отдельных регионах низкую эффективность КДС и, как следствие, ухудшение мелиоративного состояния земель.

По данным Госагропрома и Минводхоза, в республике около 600 тыс. га орошаемых земель мелиоративно неблагоприятны из-за высокой степени засоления почвогрунтов и близкого залегания уровня грунтовых вод. Причем, такая картина наблюдается как на территориях, дренированных открытой КДС, так и на площадях, оснащенных совершенной гидромелиоративной сетью.

В связи с этим одной из актуальных на сегодняшний день остается проблема повышения продуктивности мелиорируемых земель, которую можно решить только путем совершенствования технической эксплуатации КДС.

Учитывая особенности расположения КДС — непосредственно на орошаемых землях с интенсивной сельскохозяйственной деятельностью, отраслевой подход к обеспечению поддержания ее в исправном и работоспособном состоянии является, как показала практика, недостаточно эффективным. Правильно ее организовать возможно только совместными усилиями сельскохозяйственных и водохозяйственных организаций (рисунок). При этом техническое руководство по эксплуатации КДС независимо от ее ведомственной принадлежности должны осуществлять эксплуатационные органы мелиорации и водного хозяйства.

Основой для эксплуатации коллектора или дрени является паспорт, в котором должны быть отражены:

общие сведения — наименование коллектора (дренажа), месторасположение, проектная организация, выдавшая документацию, строительная организация, осуществляющая строительство с указанием сроков и технологии производства работ, подразделение, принявшее на баланс коллектор (дрену);

производственно-технические проектные и фактические данные — длина, глубина, уклон. Для открытой КДС указываются ширина по дну, откосы и ширина полосы отчуждения, для закрытой — сведения о дренажных трубах по пикетам в зависимости от их типа, диаметра, вида перфорации, о защитно-фильтрующем материале (карьер, гранулометрический состав, марка, материал и завод — изготовитель искусственного ЗФМ). Указывается уровень грунтовых вод (ниже, выше, в зоне заложения дрены). Дается характеристика наиболее распространенных грунтов по трассе коллектора (дрены). Приводятся сведения о наличии сооружений на сети (смотровые колодцы, гидрометрические посты, переезды и т.д.) и их месторасположение и т.д.; технико-экономические показатели — дренируемая площадь, проектный устьевой расход (минимальный, средневегетационный и максимальный), проектная и фактическая стоимость. Необходимо указать, что в настоящее время паспортизация коллекторов (дрен) либо не ведется, либо содержащиеся в паспорте сведения об объекте эксплуатации не достаточны. Существующая методика обследования КДС позволяет фиксировать ее техническое состояние без увязки с конструкцией, материалами и технологией строительства. В то же время такая дифференциация материалов обследований технического состояния дает возможность объективно установить надежность, долговечность и работоспособность той или иной конструкции КДС и применяемых материалов, а также правильно планировать планово-предупредительный ремонт. В связи с этим целесообразно по каждому коллектору (дрене) своевременно оформлять карточки (сообщения) или вести оперативный журнал отказов, где фиксируются сведения о разрушениях, вызвавших снижение работоспособности или выход коллектора (дрены) из строя, указываются месторасположение, время, причины и размеры разрушений и т.д.

Немаловажное значение для высокопроизводительного использования КДС имеет осуществление мероприятий по ее техническому обслуживанию, позволяющему содержать все элементы КДС в исправном состоянии в течение всего срока службы. Поэтому в целях повышения ответственности за сохранность КДС ее элементы следует закре-

Виды работ по поддержанию КДС в исправном и эстетическом состоянии

Выполняемые инженерно-техническими и линейным персоналом эксплуатационных органов	Выполняемые ирригационной (мелиоративной) службой хозяйств и полевых бригад (звеньев)	Выполняемые инженерно-техническим и линейным персоналом эксплуатационных органов, ирригационной (мелиоративной) службой хозяйств и полевых бригад (звеньев)
Контроль за правильностью нарезки временной оросительной сети и за устройством на ней антифальтрационных мероприятий в местах пересечения их с закрытыми дренами и при близком их прохождении около КДС	Агротехнические работы (вспапка, боронование) на надренных полосах, не находящихся в сельскохозяйственном обороте	Не допускать сжигания растительности в руслах открытой КДС
Контроль за ограждением надренных полос закрытого дренажа с неуплотненным грунтом обратной засыпки	Не допускать сбросов оросительной воды: на надренные полосы с неуплотненным грунтом обратной засыпки;	Окашивать растительность: в зоне гидротехнических сооружений и гидрометрических постов; около устьевых сооружений закрытого дренажа, скважин-усилителей, площадок и водостводов скважин вертикального дренажа;
Контроль за правильностью посадки лесонасаждений или кустарников, а также сельскохозяйственных культур с глубокой корневой системой около КДС и на надренных полосах закрытого дренажа	В скотровые колоды закрытого дренажа; на площадки, отчуждаемые под скважины вертикального дренажа, и гидротехнические сооружения	около смотровых колодцев закрытого дренажа и скважин-усилителей; проводить покраску, побелку и маркировку надземных частей смотровых колодцев, гидротехнических
Контроль за правильностью осуществления нарезки борозд в первый вегетационный период		

Выполняемые инженерно-техническим и линейным персоналом эксплуатационных органов Выполняемые ирригационной (мелиорационной) службой хозяйств и полевых бригадами (звеньями) Выполняемые инженерно-техническим и линейным персоналом эксплуатационных органов, ирригационной (мелиорационной) службой хозяйств и полевых бригадами (звеньями)	Не допускать разрушения надземных сооружений на КДС (смотровые колодцы, устьевые сооружения, водостводы скважин вертикального дренажа) при проведении сельскохозяйственных работ Не допускать захламления русел открытой КДС, смотровых колодцев, площадок и водостводов скважин вертикального дренажа Надзор за проведением вегетационных поливов в первые 2 года освоения надгранных полос закрытого дренажа, а также при их выполнении в непосредственной близости от трасс открытых коллекторов	Восстанавливать деформации обратной засыпки, не повлекших снижения работоспособности закрытых дрен Расшишать русла открытых коллекторов от затворов Очищать трубчатые переэзды Очищать смотровые колодцы и устьевые части при впадении закрытых дрен в открытую КДС Восстанавливать звенья труб устьевых сооружений закрытого дренажа и скважин-усилителей, входящих в открытую КДС Поддерживать зоны отчуждения КДС в эстетическом виде Контроль за сохранностью устьевых сооружений закрытого дренажа и скважин-усилителей при очистке открытой КДС
---	--	--

плать за инженерно-техническим и линейным персоналом органов мелиоративной службы, ирригационной (мелиоративной) службой хозяйств и бригадами (звеньями) полеводческих бригад (звеньев) в зоне их сельскохозяйственной деятельности. При этом следует проводить организационно-технические мероприятия по предотвращению разрушений и поддержанию закрепленных элементов КДС в технически исправном и эстетическом состоянии (табл.2).

Для своевременного осуществления работ по устранению неисправностей на КДС по заявкам хозяйств или на основании данных оперативных журналов отказов в составе органов мелиоративной службы должны быть организованы бригады по техническому обслуживанию, оснащенные необходимыми материально-техническими ресурсами, механизмами и приборами для установления причин по устранению деформации. Для проведения плановых ремонтных работ должно быть организовано хозрасчетное ремонтное подразделение. Зона его обслуживания устанавливается исходя из мощности КДС и технического уровня.

Таким образом, осуществление всех перечисленных мероприятий, а также планирование ремонтно-эксплуатационных работ на базе ЭВМ, учитывающее не только современное техническое состояние всех элементов КДС, но и мелиоративное состояние земель и их сельскохозяйственное использование, позволит повысить надежность КДС и снизить стоимость ремонтных работ.

Г.Е.Батурин, канд.техн.наук
Н.И.Горошков, канд.техн.наук
А.Г.Галустьян

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА НА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Интенсивное развитие орошения на засоленных или склонных к засолению землях предъявляет повышенные требования к надежному обеспечению дренированности территорий.

Основной вид фильтрового материала, позволяющий индустриализировать изготовление водоприемной части дрен, - рулонные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ), создающие возможность применения высокопроизводительных дреноукладочных машин и обеспечивающие

высокое качество строительных работ.

В практике строительства закрытого дренажа все чаще находят применение искусственные нетканые материалы, принципы и способы получения которых практически неограничены.

Фильтровые материалы и условия их применения при строительстве дрен должны обеспечить надежную защиту последних от заиления и необходимую интенсивность дренирования земель в процессе эксплуатации, в связи с чем отвечать определенным требованиям к их фильтрационным, структурным и прочностным параметрам.

Нами произведена лабораторная оценка ряда искусственных нетканых материалов, выпускаемых отечественной промышленностью, с целью определения возможности использования их в качестве фильтров закрытого горизонтального дренажа из полиэтиленовых гофрированных труб при механизированном способе строительства на целинных землях Джизакской степи.

Общая и активная пористость искусственных нетканых материалов весьма высока (85 - 96 %) [1,2,3,4], что обеспечивает хорошие фильтрационные свойства. Защитные же свойства фильтрационных материалов определяются в основном характером распределения и размерами пор.

Исследования характера и размеров пор нетканых материалов по методике Н.Г.Бугай позволили установить, что по своей структуре они являются мелкопористым фильтром ($d_{cp} = 0,1 - 0,2$ мм). Это позволяет применять их при защите от фильтрационных деформаций различных категорий дренируемых грунтов.

Фильтрационно-защитные свойства искусственных нетканых материалов при работе в контакте с грунтами Джизакского опытно-производственного участка (ДОПУ) изучали на фильтрационных приборах типа Дарси. Объемная масса грунтов изменялась в пределах 1,36 - 1,6 г/см³, число пластичности - 4 - 10, коэффициент фильтрации - 0,12 - 0,68 м/сут. Грунты были слабозасоленными, сульфатного типа (плотный остаток - 1,364 %, $\ell' - 0,02$ %).

В табл. I приведены показатели фильтрационных свойств искусственных нетканых ЗМ до и после совместной работы с грунтами ДОПУ. Необходимо отметить, что в процессе опытов при максимальных рабочих градиентах напора ($\mathcal{J} = 6$) происходила частичная кольятация фильтровых материалов, что повлекло за собой некоторое

снижение коэффициента фильтрации. Однако по отношению к фильтрационным свойствам дренируемых грунтов они оставались достаточно высокими, поэтому потери напора в прифильтровой зоне не возрастали.

Визуальный осмотр образцов ЗФМ после проведения опытов показал, что они подвергались в основном поверхностной коагуляции.

Водоприемная способность фильтров из нетканых искусственных материалов, определяемая взаимосвязью действующего напора с приведенным расходом, представлена в табл.2.

Т а б л и ц а 1

Наименование ЗФМ и завод-изготовитель	Технические условия	Коэффициент фильтрации, м/сут	
		начальный	после работы с грунтом
СИЗИ, Суворовская фабрика Тульской области	ТУ-17-14-101-79	76	59
Полотно иглопробивное, Навоийская экспериментальная фабрика, УзССР	ТУ-УзССР-201-80	100	10
Полотно иглопробивное из отходов нитронного волокна ПО "Навоиазот" УзССР	ТУ-6-06-34-14-80	103	59

Т а б л и ц а 2

Действующий напор, м	Приведенный расход ($\frac{Q}{K}$), м		
	СИЗИ, Суворовская фабрика Тульской обл.	Полотно иглопробивное ТУ-УзССР-201-80	Полотно иглопробивное ПО "Навоиазот" ТУ-6-0634-14-80
0,40	0,92	0,92	1,0
0,65	1,51	1,53	1,43
0,87	2,00	2,00	2,02
1,10	2,58	2,50	2,47

При определении междренних расстояний необходимо учитывать несовершенство конструкций дрен из полиэтиленовых гофрированных труб с дырчатой перфорацией и фильтровой защитой искусственными

неткаными материалами по сравнению с "идеальной" дренажной. Для этого вводят в расчетные формулы поправочный коэффициент к фактическому диаметру дрена, учитывающий несовершенство конструкции по характеру вскрытия дренируемого пласта. Значения поправочных коэффициентов были определены на секторных грунтовых лотках по методике Ф.В.Серебренникова [5] (табл.3).

Т а б л и ц а 3

Конструкция водоприемной части дрена	: Коэффициент несовершенства конструкции
Полиэтиленовая гофрированная труба $d_n = 120$ мм, $d_{dn} = 100$ мм, водоприемные отверстия круглые $d = 3,5$ мм, скважность - 0,67, фильтр - СИЗИ	0,86
То же с фильтром - полотно иглопробивное ПО "Навоиазот" ТУ-6-06-34-14-80	0,85
То же с фильтром - полотно иглопробивное ТУ-УзССР-201-80	0,76

С учетом полученных коэффициентов несовершенства конструкций водоприемной части дрена были определены технико-экономические показатели внедрения пластмассового дренажа с фильтрами из искусственных нетканых полотен взамен керамического дренажа с песчано-гравийным фильтром, устраиваемого механизированным способом.

Сравнение проводилось при одинаковых диаметрах труб ($d_{dn} = 100$ мм). Стоимость полиэтиленовых труб принимали по "Временным оптовым ценам на трубы дренажные полиэтиленовые гофрированные голые и с фильтрующей оболочкой, изготавливаемые на установках фирмы "Ольтманс" ФРГ (утверждены ММВХ УзССР).

Оптовые цены на нетканые иглопробивные полотна принимались согласно данным фабрик-изготовителей. Стоимость керамических труб, песчано-гравийной обсыпки, производства работ и сооружений принята по материалам Средазгипроводхлопка и Узгипроводхоза.

Для идентичных условий (величина инфильтрации $W = 0,0011$ м/сут, мощность дренируемых грунтов 30 м; коэффициент фильтрации грунтов 0,4 м/сут) определены междренные расстояния по сравниваемым вариантам:

для керамического дренажа - 168 м;

для пластмассового дренажа - 132 м.

С учетом различной удельной протяженности дренажа капитальные вложения на его строительство по вариантам составляют:

керамический дренаж	- 475 руб/га,
---------------------	---------------

пластмассовый дренаж с фильтром СИЗИ	- 288 руб/га,
--------------------------------------	---------------

пластмассовый дренаж с фильтром ТУ-УзССР - 201-80	- 613 руб/га,
---	---------------

пластмассовый дренаж с фильтром ТУ 6-06-34-14-80 ПО "Навоиазот"	- 282 руб/га.
---	---------------

Приведенные затраты по вариантам опыта равны:

керамический дренаж	- 76 руб/га,
---------------------	--------------

пластмассовый дренаж с фильтром СИЗИ	- 54,7 руб/га,
--------------------------------------	----------------

пластмассовый дренаж с фильтром ТУ-УзССР - 201-80	- 118,3 руб/га,
---	-----------------

пластмассовый дренаж с фильтром ТУ 6-06-34-14-80 ПО "Навоиазот"	- 54,4 руб/га.
---	----------------

Таким образом, для условий предгорной части Джизакской степи со слабоминерализованными грунтовыми водами наиболее выгодно применять пластмассовый дренаж с фильтром из искусственного нетканого материала, выпускаемого производственным объединением "Навоиазот". Использование данной конструкции позволяет значительно увеличить производительность труда. Скорость укладки пластмассового дренажа дреноукладчиком "Супергигант" может достигать 1,5 км/ч [1], в то время как скорость укладки керамического дренажа траншейным дреноукладчиком равна 250 м/смену [5].

Ограничение рекомендаций по применению структурных фильтров обусловлено тем, что большая часть орошаемых регионов характеризуется высокой минерализацией грунтовых вод, достигающей до 20-30 г/л. Поэтому необходима проверка искусственных нетканых материалов на возможность их химической коагуляции.

В заключение следует отметить, что при использовании структурных фильтров, какими являются искусственные нетканые полотна, необходимо в процессе строительства исключать возможность их прямого контакта с мутной водой или сильно разжиженным грунтом, так как это может вызвать коагуляцию фильтра выше допустимых пределов.

Список использованной литературы

1. Мелиорация тяжелых почв в ФРГ, ЦЕНТИ. Обзорная информация № 7, М. 1983. - 42 с.
2. Фридрихсон В.Л. Дренаж из полимерных трубофильтров для мелиоративного строительства: Автореф....канд.техн.наук. - Киев, 1983. - 23 с.
3. Ткач В.В. Горизонтальный дренаж с волокнистыми фильтрами и фильтрующими обсыпками для мелиоративных систем: Автореф. дисс....канд.техн.наук. - Киев, 1984. - 18 с.
4. Пивовар Н.Г. и др. Дренаж с волокнистыми фильтрами. - Киев, Наукова думка. - 1980. - 214 с.
5. Духовный В.А. Орошение и освоение Голодной степи. - М.: Колос, 1973. - 240 с.

В.Г.Насонов, канд.геол.-мин.наук

И.А.Закс, канд.техн.наук

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ ДРЕНИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ОТКРЫТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Скважина вертикального дренажа представляет собой сложный комплекс наземных и подземных сооружений, эффективность которых во многом определяется полнотой учета природных и ирригационно-хозяйственных условий и особенностей массивов освоения.

В основных действующих нормативно-методических документах по проектированию дренажа на орошаемых землях вертикальный дренаж рассчитывается как систематический с равномерным распределением скважин по площади $[I]$. При этом используются формулы, описывающие радиальный фильтрационный поток, имеющий место при приведении расчетной схемы к "пласту-бочке".

Однако на действующих гидромелиоративных системах в большинстве случаев зоны работы вертикального дренажа пересекаются открытыми коллекторами, которые в определенных условиях являются дополнительными дренирующими звеньями с высокой собственной водоприемной способностью. Так, наблюдения (1975-1985 гг.) по зоне вертикального дренажа на территории первой очереди освоения

Каршинской степи показали, что открытыми коллекторами здесь отводится около 20 - 50 % (в зависимости от условий) от общего коллекторно-дренажного стока [2]. В результате грунтовые воды в период вегетации залегают на глубинах 2,20-3,50 м при проектной норме осушения 2,13 - 2,20 м, несмотря на то, что коэффициент полезной работы системы скважин вертикального дренажа, построенной практически в проектных объемах, составляет 0,35 - 0,4 при проектном 0,77. В мелиоративном отношении земли в зоне применения вертикального дренажа - хорошие, по степени засоления относятся к незасоленным (61,3 %) и слабозасоленным (30,7 %).

Высокая дренарующая способность открытых коллекторов объясняется тем, что они, проходя по пониженным участкам местности, работают со значительными дополнительными напорами, возникающими за счет разницы относительных отметок на водораздельных участках и в понижениях, достигающей 3-5 м. Кроме того, водоприемная способность коллекторов резко возрастает в условиях, когда мощность покровных отложений сопоставима с глубиной коллекторов. Это приводит к вскрытию подстилающего водоносного пласта и снижению фильтрационных сопротивлений коллекторов на порядок и более.

При практикуемом расположении скважин вертикального дренажа (в виде рядов скважин, расположенных вдоль коллекторов и в непосредственной близости к ним) сами скважины могут привлекать воду из коллекторов подземным путем, снижая их дренарующее действие и искусственно увеличивая на себя непроизводительную нагрузку.

В связи с этим возникает необходимость разработки методики расчета вертикального дренажа в условиях дренарующего действия открытых коллекторов, которая позволит более обоснованно определить его мощность и затраты как на строительство, так и эксплуатацию.

В основе предлагаемого расчета лежит принцип определения рационального соотношения открытых коллекторов (как обязательного элемента коллекторно-дренажной системы) и скважин вертикального дренажа, необходимых для обеспечения требуемой нормы осушения. Первым этапом расчета является определение уровня грунтовых вод от работы только коллекторной сети:

$$h_{ec} = H_{(x)_3} - H_{(x)}^0, \quad (I)$$

где $H_{(x)_3}$ - относительная отметка поверхности земли в точке x (в напорах от принятой плоскости сравнения), м;

$H(x)$ — относительный напор грунтовых вод в точке x , м.

При расположении коллекторов на одинаковых относительных отметках, то есть $H_{k_1} = H_{k_2}$, и в одинаковых фильтрационных условиях — $\Phi_{k_1} = \Phi_{k_2}$ (Φ_k — фильтрационное сопротивление коллекторов) расчет напоров грунтовых вод в любой точке между коллекторами удобно выполнять по формуле, основанной на методе фильтрационных сопротивлений. Принимая поток линейным в плане, а режим фильтрации стационарным, имеем

$$H(x) = H_k + \frac{WL}{2T} \cdot \Phi_k + \frac{Wx}{2T} (L - x), \quad (2)$$

где W — инфильтрационное питание, м/сут;
 L — расстояние между коллекторами, м;
 T — проводимость водовмещающей толщи, м²/сут.

Фильтрационные сопротивления коллекторов в зависимости от фильтрационной схемы строения водоносной толщи определяются по известным зависимостям [3, 4].

Если коллекторы не обеспечивают требуемой нормы осушения, в расчет включаются дополнительно скважины вертикального дренажа.

При параллельной (наиболее распространенной) схеме расположения коллекторов скважины вертикального дренажа можно располагать между коллекторами в виде рядов и применять метод расчета контурных систем скважин, используя метод фильтрационных сопротивлений [5].

Для расчета контурных систем скважин вертикального дренажа при совместном дренирующем действии с открытыми коллекторами существуют два метода. Одним из них является метод суперпозиции (сложения течений) [5], при использовании которого результирующую депрессионную кривую поверхности грунтовых вод получают путем наложения на депрессионную кривую от работы коллекторов дополнительного понижения, вызываемого действием ряда скважин вертикального дренажа. Однако из-за сложностей, возникающих при применении этого метода в условиях несовершенных границ стока, которыми являются коллекторы, целесообразнее использовать метод баланса потоков. Данный метод позволяет вести расчеты относительно напоров на линиях ряда скважин, приводимого по методу фильтрационных сопротивлений к совершенной траншее с эквивалентными расходами, и коллекторов.

Рассмотрим простейший случай совместной работы ряда скважин и коллекторов, когда последние расположены на одинаковых отметках и

имеют равные фильтрационные сопротивления. Так как в этом случае ряд скважин расположен посередине между коллекторами, для удобства будем рассматривать половину схемы (рис. I).

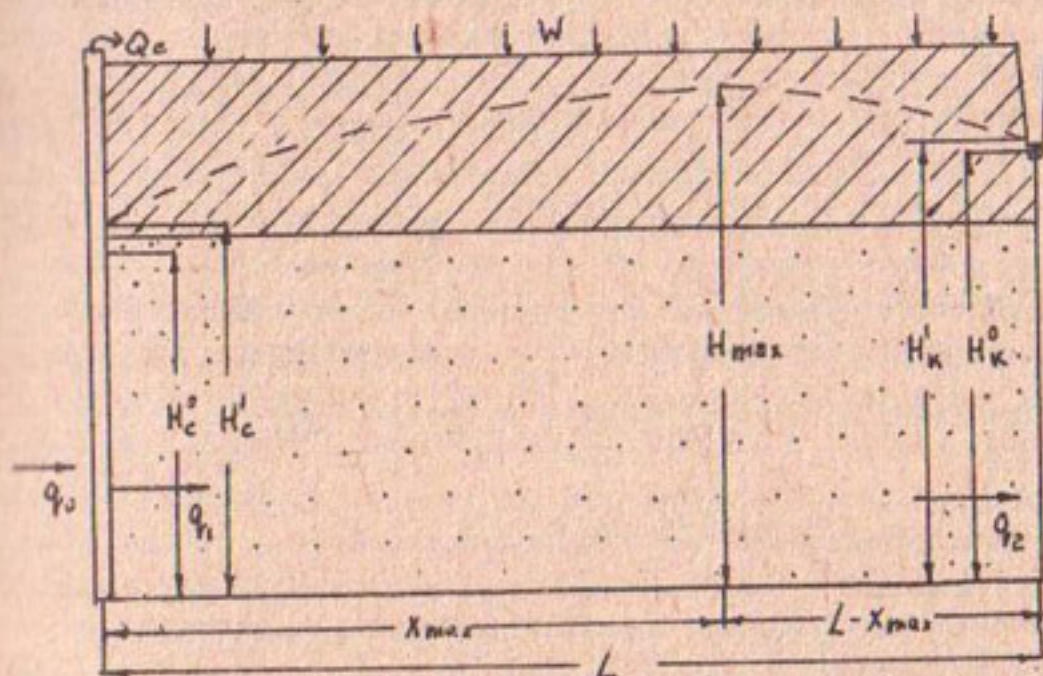


Рис. I. Схема к расчету вертикального дренажа при совместной работе с открытыми коллекторами.

Используя метод фильтрационных сопротивлений, свяжем напор на линии коллектора с его фильтрационным сопротивлением:

$$q_k = T \frac{H'_k - H''_k}{\Phi_k}, \quad (3)$$

где H'_k — напор на линии коллектора, м;

Расход ряда скважин приведем к удельному расходу траншеи при принятом шаге между скважинами σ :

$$q_c = \frac{Q_c}{\sigma}, \quad (4)$$

где Q_c — расход скважины вертикального дренажа, м³/сут.

Найдем удельные расходы потока на линии дренажа:

$$q_0 = 0; \quad q_1 = T \frac{H'_c - H'_k}{L} - \frac{wL}{2}; \quad q_2 = T \frac{H'_c - H'_k}{L} + \frac{wL}{2}. \quad (5)$$

Из условий баланса потоков определим

$$q_c = q_0 - q_1; \quad q_k = q_2. \quad (6)$$

Подставив в (6) выражения (3) - (5), получим систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \frac{H'_c - H'_k}{L} + \frac{WL}{2T} = \frac{q_c}{T}, \\ \frac{H'_c - H'_k}{L} + \frac{WL}{2T} = \frac{H'_k - H_k^0}{\Phi_k}. \end{cases} \quad (7)$$

Решив систему уравнений (7), получим выражения для определения напоров на линиях ряда скважин (H'_c) и коллектора (H'_k):

$$H'_c = H_k^0 + \frac{WL}{T} \left(\frac{L}{2} + \Phi_k \right) - \frac{q_c}{T} (L - \Phi_k), \quad (8)$$

$$H'_k = H_k^0 + \frac{\Phi_k}{T} (WL - q_c). \quad (8^I)$$

Напор в скважине согласно методу фильтрационных сопротивлений [6] находим по формуле

$$H_k^0 = H'_c - \frac{Q_c}{T} \cdot f_k, \quad (9)$$

где f_k - внутреннее сопротивление контура скважин,

$$f_k = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{\sigma}{\pi \cdot d_c}. \quad (10)$$

Здесь d_c - диаметр скважины вертикального дренажа с учетом толщины защитно-фильтрующего материала, м.

Если скважина вертикального дренажа несовершенна по степени вскрытия пласта, вместо действительного диаметра скважины вводится фиктивный (расчетный) диаметр, определяемый зависимостью, приведенной в работе [5].

Для расчета депрессионной кривой в условиях совместной работы скважин вертикального дренажа и открытых коллекторов используется зависимость [4]

$$H_x = H'_c + \frac{H'_k - H'_c}{L} x + \frac{Wx}{2T} (L - x), \quad (II)$$

где x - текущая координата, направленная в данном случае от ряда скважин к коллектору, м.

Из полученных формул (8) и (8^I) следует, что при расчете вертикального дренажа необходимо подобрать такой расход скважин и шаг между ними, чтобы выполнялось условие $WL > q_c$ и максимальная точка на депрессионной кривой между рядом скважин и коллектором отвечала заданной норме осушения. Если же $WL < q_c$, то депрессионная кривая в точке $x=L$ на коллекторе будет ниже уровня воды в нем, что влечет за собой подпитывание подземных вод из коллектора, увеличение непроизводительной нагрузки на скважины и дополнительных затрат электроэнергии на их подъем. Другими словами, коллектор из дренирующего становится дополнительным источником питания, что и наблюдается на некоторых системах вертикального дренажа. При $WL = q_c$ напор воды в коллекторе равен напору на линии коллектора, а его дренирующая способность равна нулю, так как точка максимального напора на депрессионной кривой равна глубине заложения коллектора. Это приводит к снижению уровня грунтовых вод на величину, значительно превышающую норму осушения. Поэтому необходимо подобрать такие параметры скважин вертикального дренажа, при которых бы максимально использовалось дренирующее действие коллекторов и не возникало пересушения почвогрунтов зоны аэрации.

Рассмотрим случай с горизонтальной поверхностью земли. Здесь максимальная точка подъема грунтовых вод на депрессионной кривой будет отвечать наименьшему от поверхности земли уровню грунтовых вод. Поскольку по (II) фильтрационный поток в пределах расстояния от ряда скважин до коллектора несимметричен, то для определения расстояния от скважины до точки максимального подъема грунтовых вод на депрессионной кривой продифференцируем уравнение (II) по x а затем, приравняв к нулю производную dH/dx , найдем

$$x_{max} = \frac{H'_k - H'_c}{WL} T + \frac{L}{2}, \quad (12)$$

а сам максимальный напор в точке x_{max} получим подстановкой (12) в (II):

$$H_{max} = H'_c + \frac{H'_k - H'_c}{2WL^2} T + \frac{H'_k - H'_c}{2} + \frac{WL^2}{8T}. \quad (13)$$

Для нахождения q_c , удовлетворяющего условиям, сформулированным выше, из выражения (8^I) вычтем выражение (8) и после преобразования получим

$$H'_k = H'_c - \frac{WL^2}{2T} + \frac{q_c}{T} \cdot L \quad (I4)$$

Подставив уравнение (I4) в (I3), найдем H_{max}

$$H_{max} = H'_c - \frac{q_c^2}{2WT} \quad (I5)$$

В выражение (I5) подставим выражение (8):

$$H_{max} = H'_k + \frac{WL}{T} \left(\frac{L}{2} + \Phi_k \right) - \frac{q_c}{T} (L + \Phi_k) + \frac{q_c^2}{2WT} \quad (I6)$$

В выражении $H_{max} = H_z - h_{oc}$ H_z — заданная отметка поверхности земли, h_{oc} — заданная норма осушения, следовательно, H_{max} — также величина заданная. Поэтому, записав уравнение (I6) относительно q_c , получим квадратное уравнение

$$aq_c^2 + bq_c + c + H_{max} = 0, \quad (I7)$$

где $a = \frac{1}{2WT}$; $b = -\left(\frac{L}{T} + \frac{\Phi_k}{T}\right)$; $c = H'_k + \frac{WL}{T} \left(\frac{L}{2} + \Phi_k\right)$.

Так как $q_c = \frac{Q_c}{\sigma}$, из (I7) найдем σ

$$\sigma = \frac{2a \cdot Q_c}{-b \pm \sqrt{b^2 + 4a(c - H_{max})}} \quad (I8)$$

Уравнение (I8) имеет два действительных корня. Так как должно выполняться условие $WL - q_c > 0$, то выбираем тот корень, который будет удовлетворять условию $\sigma > Q_c / WL$.

Таким образом, находим такой шаг между скважинами ряда, который при некотором выбранном расходе Q обеспечит оптимальное сочетание расходов скважин и коллектора для получения заданной нормы осушения.

Следует отметить, что в приведенном расчете рассмотрен простейший случай — горизонтальная ровная поверхность земли. При поверхности земли наклонной или произвольной конфигурации точка максимального подъема грунтовых вод на депрессионной кривой не будет соответствовать минимальному от поверхности земли уровню грунтовых вод. Это обстоятельство значительно усложняет

прямые расчеты шага между скважинами и требует расчета подбором.

Рассмотрим случай, когда коллекторы расположены на различных относительных отметках и имеют разные фильтрационные сопротивления (рис. 2).

Как и в предыдущем случае, свяжем напоры коллекторов с их расходами через фильтрационные сопротивления:

$$q_{K_1} = \frac{H'_{K_1} - H^0_{K_1}}{\Phi_{K_1}}, \quad q_{K_2} = \frac{H'_{K_2} - H^0_{K_2}}{\Phi_{K_2}} \quad (19)$$

Расход скважины $q_c = q_2 - q_3$.

Составим баланс потоков:

$$q_{K_1} = q_0 - q_1, \quad q_c = q_2 - q_3, \quad q_{K_2} = q_4 \quad (20)$$

Найдем удельные расходы потока на линии дренажа:

$$q_0 = 0; \quad q_1 = T \frac{H'_{K_1} - H'_c}{L_1} - \frac{WL_1}{2}; \quad q_2 = T \frac{H'_{K_1} - H'_c}{L_1} + \frac{WL_1}{2}, \quad (21)$$

$$q_3 = T \frac{H'_c - H'_{K_2}}{L_2} - \frac{WL_2}{2}; \quad q_4 = T \frac{H'_c - H'_{K_2}}{L_2} + \frac{WL_2}{2}$$

Подставив в (20) выражения (19) и (21), получим систему алгебраических уравнений для расчетов напоров на линиях коллекторов и ряда скважин:

$$\begin{cases} \frac{H'_c - H'_{K_1}}{L_1} + \frac{WL_1}{2T} = \frac{H'_{K_1} - H^0_{K_1}}{\Phi_{K_1}} \\ \frac{H'_{K_1} - H'_c}{L_1} + \frac{WL_1}{2T} + \frac{H'_c - H'_{K_2}}{L_2} + \frac{WL_2}{2T} = \frac{q_c}{T} \\ \frac{H'_c - H'_{K_2}}{L_2} + \frac{WL_2}{2T} = \frac{H'_{K_2} - H^0_{K_2}}{\Phi_{K_2}} \end{cases} \quad (22)$$

Результатом решения данной системы уравнений будет следующая система рекуррентных соотношений:

$$\begin{cases} H'_{K_1} = \alpha_1 H'_c + \alpha_1 \beta_1 L_1 \\ H'_c = \frac{\alpha_c}{L_1} H'_{K_1} + \frac{\alpha_c}{L_2} H'_{K_2} + \alpha_c \beta_c \\ H'_{K_2} = \alpha_2 H'_c + \alpha_2 \beta_2 L_2 \end{cases} \quad (23)$$

$$\alpha_1 = \frac{\Phi_{K_1}}{L_1 + \Phi_{K_1}}; \quad \alpha_c = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_2 + L_2}, \quad \alpha_2 = \frac{\Phi_{K_2}}{L_2 + \Phi_{K_2}},$$

$$\beta_1 = \frac{H^0_{K_1}}{\Phi_{K_1}} + \frac{WL_1}{2T}, \quad \beta_c = \frac{W}{2T} (L_1 + L_2), \quad \beta_2 = \frac{H^0_{K_2}}{\Phi_{K_2}} + \frac{WL_2}{2T}$$

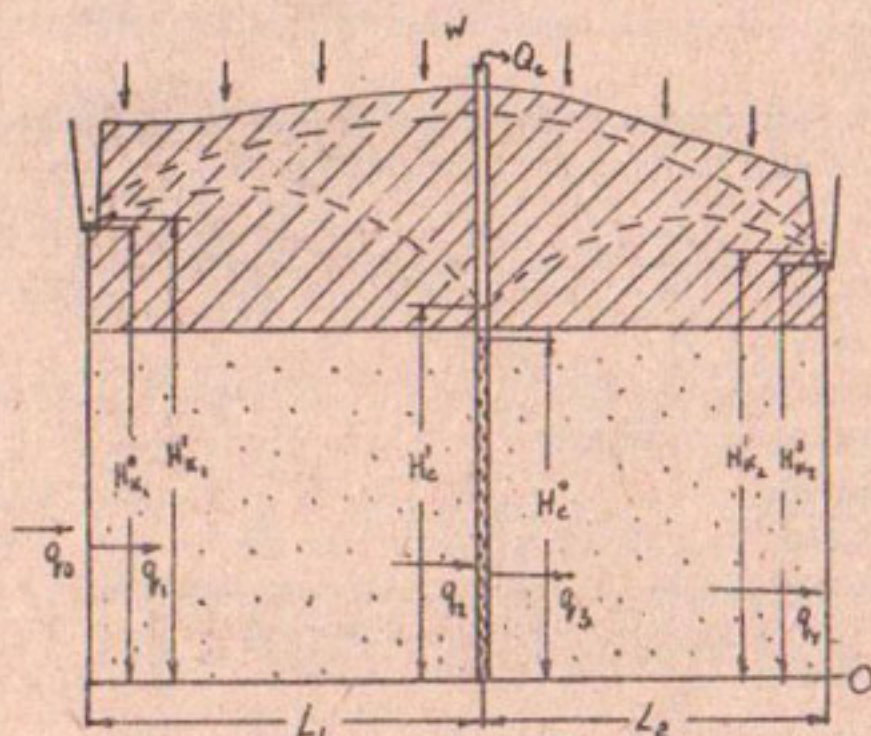


Рис. 2. Схема к расчету вертикального дренажа в условиях дренирующего действия коллекторов, расположенных на различных отметках и имеющих разные фильтрационные сопротивления.

Получив значения напоров на линиях ряда скважин и коллекторов, по формуле (II) найдем депрессионную кривую для L_1 и L_2 , принимая для каждого фрагмента текущую координату x , направленную от скважины к соответствующему коллектору. Далее по (I) вычислим глубину залегания УГВ. Если она не соответствует норме осушения, расчет продолжаем с другими параметрами ряда скважин вертикального дренажа. Необходимую норму осушения при работе скважин вертикального дренажа совместно с открытыми коллекторами можно обеспечить изменением расходов скважин или шага между скважинами. Для принятия окончательного решения необходимы технико-экономические расчеты.

Для некоторых условий, таких, как значительные мощности покровных отложений (при которых фильтрационные сопротивления коллекторов велики и поэтому дренирующее их действие незначительно), а также небольшие (не более 1000 м) расстояния между коллекторами,

серьезного обоснования требует вопрос необходимости самих открытых коллекторов. В данных условиях коллекторы могут стать фактором, снижающим эффективность вертикального дренажа, так как зона его действия ограничена пределами межколлекторного пространства, хотя природные фильтрационные параметры водоносного пласта позволяют запроектировать значительные расходы скважин и, следовательно, большие площади обслуживания одной скважиной.

Приведем пример расчета. Требуется рассчитать мощность вертикального дренажа на фоне открытых коллекторов таким образом, чтобы в точке максимального подъема УГВ на депрессионной кривой обеспечивалась норма осушения 2 м. Рельеф поверхности ровный. Исходные параметры для расчета следующие:

относительная отметка поверхности земли, м	(H_3)	- 25
глубина заложения коллектора, м	(h_k)	- 4
инфильтрационное питание, м/сут	(W)	- 0,002
проводимость водовмещающей толщи, м ² /сут	(T)	- 500
расстояние между коллекторами ^{ж)} , м	($2L$)	- 2000
расход скважины, л/с ^{ж)}	(Q_c)	- 30
фильтрационное сопротивление коллектора, м	(Φ_k)	- 2064

Определяем a , b , c по формуле (I7):

$$a = \frac{1}{2WT} = \frac{1}{2 \cdot 0,002 \cdot 500} = 0,5,$$

$$b = -\left(\frac{L}{T} + \frac{\Phi_k}{T}\right) = -\left(\frac{1000}{500} + \frac{2064}{500}\right) = -6,13,$$

$$c = H_k + \frac{WL}{T}\left(\frac{L}{2} + \Phi_k\right) = (25-4) + \frac{0,002 \cdot 1000}{500}(500+2064) = 31,26$$

По формуле I8) определим оптимальный шаг между скважинами:

$$b = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 15 \cdot 86,4}{6,13 \pm \sqrt{6,13^2 - 2(31,26 - 23)}}$$

$$b_1 = 121 \text{ м}; \quad b_2 = 841 \text{ м}$$

Так как $b > Q_c/WL$, а $Q_c/WL = 648$ и $b_2 = 841 - 648$,

то $b = 841 \text{ м}$.

Проверка решения: $q_c = \frac{Q_c}{b} = \frac{1296}{841} = 1,54 \text{ м}^2/\text{сут}$.

ж) Так как рассматривается половина потока (рис.2), то расчет производится для половины расстояния между коллекторами (1000 м) и половины расхода скважины (15 л/с)

По (8) и (8^I) определим напоры на линиях ряда скважин и коллектора:

$$H'_c = 21 + \frac{0,002 \cdot 1000}{500} (500 + 2064) - \frac{1,54}{500} (1000 + 2064) = 21,82 \text{ м},$$

$$H'_k = 21 + \frac{2064}{500} (0,002 \cdot 1000 - 1,54) = 22,90 \text{ м}.$$

По (15): $H_{max} = 21,82 + \frac{1,54^2}{0,004 \cdot 500} = 23,00 \text{ м}.$

По (1) находим глубину залегания УГВ:

$$h_{oc} = 25,0 \text{ м} - 23,0 \text{ м} = 2,0 \text{ м}.$$

По (16):

$$H_{max} = 21,0 + \frac{0,002 \cdot 1000}{500} (500 + 2064) - \frac{1,54}{500} \cdot 1000 - \frac{1,54}{500} (2064) + \frac{1,54^2}{0,004 \cdot 500} = 23,01 \text{ м}$$

Таким образом, результаты расчета по (15) и (16) идентичны. Разница в 0,01 м получена за счет округления в третьем знаке.

Расстояние от точки максимального подъема УГВ на депрессионной кривой до ряда скважин найдем по (12):

$$X_{max} = \frac{22,90 - 21,82}{0,002 \cdot 1000} \cdot 500 + 500 = 770 \text{ м}.$$

Понижение в скважине от поверхности земли найдем по (9) и (10):

$$f_k = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{\sigma}{\mu \cdot d_0} = 0,159 \cdot \ln \frac{841,5}{3,14 \cdot 1,27} = 0,85,$$

$$H'_c = 21,82 - \frac{2592}{500} \cdot 0,85 = 21,82 - 4,40 = 17,42 \text{ м}.$$

Удельный дебит $\bar{q} = Q_c / S$, то есть

$$\bar{q} = \frac{30 \text{ л/с}}{7,58 \text{ м}} = 3,96 \text{ л(с·м)}.$$

Список использованной литературы

1. Инструкция по проектированию оросительных систем. Дренаж на орошаемых землях. - М.:Совхозпроект, 1975. - Ч.УШ. - 275с.
2. Закс И.А. Эффективность вертикального дренажа в Каршинской степи// Сб.научн.тр./Среднеаз.НИИ ирригации. - 1981. - Вып.163.- С.94-100.
3. Олейник А.В. Геогидродинамика дренажа. - Киев:Наукова Думка, 1981. - 283 с.
4. Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. - М.: МГУ, 1981. - 296 с.
5. Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. - М.: МГУ, 1965. - 233 с.
6. Насонов В.Г., Закс И.А. Регулирование уровня грунтовых вод горизонтальным дренажем в условиях расчлененного рельефа//Сб.науч.тр./Среднеаз.НИИ ирригации. - 1982. - Вып.166. - С.74-86.

Н.Х.Зайнутдинова
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СТРАХОВОГО ЗАПАСА ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Своевременное восстановление работоспособности скважин вертикального дренажа зависит прежде всего от наличия у эксплуатационных служб запаса исправного оборудования в момент отказа.

Величина ежегодного обменного фонда оборудования определяется ожидаемым в течение года числом отказов. Основой планирования обменного фонда является укомплектованный режим откачек скважин вертикального дренажа, который представляется в форме годового (по месяцам) плана-графика работы скважин системы. Основным показателем, характеризующим укомплектованный режим откачек системы, служит величина коэффициента полезной работы системы (КПРС).

При укомплектовании режима откачек скважин исходят из необходимости обеспечения оптимального водно-солевого режима почвогрунтов во внутригодовом разрезе. При этом интенсивность откачек по месяцам определяется в основном величиной водоподачи на территорию. Так, например, по рекомендованному САНИИРИ режиму откачек система вертикального дренажа Джетысайского района 8 месяцев в году должна работать с максимальным значением КПРС, равным 0,7, а 4 - с

минимальным $\rightarrow 0,2$.

На практике поступление нового оборудования происходит неравномерно, объем поставок и среднемесячная производительность ремонтных предприятий в течение года колеблются.

Для своевременного устранения отказа скважин требуется наличие резервного оборудования, то есть страхового запаса, который будет компенсировать дискретность числа поставок при непрерывном потреблении, случайные колебания в спросе на оборудование, интенсивность восстановления оборудования ремонтными предприятиями, объем поставок нового оборудования и длительность интервалов между поставками.

Для расчета страхового запаса необходимы следующие исходные данные:

число скважин в системе вертикального дренажа N ;

внутригодовое распределение КЛРС в соответствии с планом-графиком режима откачек системы;

интенсивность отказов оборудования скважины λ ;

поступление новых агрегатов за счет амортизационных отчислений $N^{нов}$;

годовая мощность ремонтного предприятия $M^{ог}$.

Количество нового и отремонтированного на ремонтном предприятии оборудования принимается при проектировании равномерным по месяцам в течение года, на существующих системах берется из практики эксплуатационных организаций на рассматриваемом объекте.

Ожидаемое число отказов за год по месяцам k -го вида оборудования скважины устанавливают, исходя из годовых и месячных КЛРС, в соответствии с укомплектованным планом-графиком режима откачек системы, по формулам

$$a_{огк} = \lambda_k \text{ КЛРС}_{огк} \cdot T \cdot N, \quad (1)$$

$$a_{ик} = \lambda_k \text{ КЛРС}_i \cdot T_i \cdot N. \quad (2)$$

Величина a складывается из количества новых агрегатов, поступающих за счет амортизационных отчислений, и отремонтированных:

$$a = N^{нов} + N^{отр} \quad (3)$$

$$N^{нов} = N \cdot K_N, \quad (4)$$

где K_N - нормативный коэффициент, определяемый по литературе [2].

Путем сопоставления количества необходимого исправного обо-

дования за рассматриваемый период (месяц) с количеством нового, поступающего за счет амортизационных отчислений, устанавливаем, какое количество отказов должно компенсироваться за счет ремонтов, то есть мощность ремонтного предприятия в месяц:

$$N_i^{отв} = \frac{M^{год}}{12} \quad (5)$$

Сопоставляя ожидаемое число отказов за каждый месяц и количество поступающих за это время исправных агрегатов (новых и отремонтированных), рассчитываем необходимый страховой запас на каждый месяц:

$$\Delta C_i = (N_i^{нов} + N_i^{отр}) - a_i \quad (6)$$

$$\text{при } \Delta C_i \geq 0 \quad C_i = 0$$

Расчет следует производить в табличной форме.

Месяц	: КИРС _i	: a _i	: N _i ^{отр}	: N _i ^{нов}	: (N _i ^{отр} + N _i ^{нов}) - a _i	: Страховой запас C _i
I						
II						
III						
.						
.						
.						
XII						

Величина страхового запаса на начало года определяется по формуле

$$C = \max [C_i = \begin{cases} 0, & \text{если } (\Delta C_{i-1} + \Delta C_i) \geq 0 \\ |\Delta C_{i-1} + \Delta C_i|, & \text{если } (\Delta C_{i-1} + \Delta C_i) < 0. \end{cases} \quad (7)$$

После определения страхового запаса необходимо уточнить требуемую мощность ремонтного предприятия и количество нового оборудования.

Ниже приводится расчет страхового запаса электронасосов для Джетысайского района.

Исходные данные:

количество скважин $N = 261$;

внутригодовое распределение КПРС:

с I по VI - КПРС=0,7; VII-VIII-IX - КПРС= 0,2; X - КПРС= 0,13;
XI-XII - КПРС=0,7;

среднегодовое значение КПРС = 0,53;

интенсивность отказов электронасосов $\lambda = 0,00028$ 1/ч;

количество новых электронасосов, поступающих за счет амортизационных отчислений $N^{нов} = N \cdot 0,35$;

проектная мощность ремонтной базы управления $M_{пр} = 1400$ ремонтов в год.

Ожидаемое число отказов электронасосов в год

$$\alpha = \lambda \cdot \text{КПРС} \cdot T_{\text{год}} \cdot N_{\text{скв}} = 338 \text{ отказов.}$$

Количество новых насосов, поступающих за счет амортизационных отчислений, составит $N_{\text{год}}^{\text{нов}} = 266 \cdot 0,35 = 91$; $N_i^{\text{нов}} = 7,6$.

Требуемая мощность ремонтной базы

$$M_{\text{треб}} = \alpha - N_{\text{год}}^{\text{нов}} = 338 - 91 = 247.$$

Проектная мощность ремонтной базы Джетысайского управления эксплуатации вертикальным дренажем (ДУЗВД) $M_{пр} = 1400$ ремонтов в год. ДУЗВД подчинены три района: Пахтааральский (264 скв.), Кировский (241 скв.) и Джетысайский (261 скв.). Разделив проектную мощность ремонтной базы между районами поровну, получим $M_{пр} = 466$ рем.

Среднемесячное количество ремонтов, проводимых ремонтной базой при условии равномерной нагрузки, составит

$$N_{\text{отр}} = \frac{M_{пр}}{12} = \frac{466}{12} = 20,6.$$

Рассчитываем среднемесячное ожидаемое число отказов электронасосов по формуле (2).

Расчет производим по формуле (таблица).

Как видно из таблицы, в первые шесть месяцев работы скважин с КПРС=0,7 ожидаемое число отказов превышает поступление новых и отремонтированных электронасосов, вследствие чего возникает дефицит в агрегатах. Затем происходит накопление исправных насосов, а в конце года опять возникает дефицит в агрегатах.

Страховой запас в данном случае, вычисленный по формуле (7), составит 69 шт.

Таблица

Месяц	$KIPC_i$	a_i	$N_i^{отр}$	$N_i^{нов}$	$(N_i^{amp} + N_i^{мед}) - a_i$	Страховой запас C_i
I	0,7	38	21	9	-9	
II	0,7	34	21	8	-5	
III	0,7	38	21	8	-9	
IV	0,7	37	21	8	-8	
V	0,7	38	21	8	-9	
VI	0,7	38	21	8	-9	69
VII	0,2	11	20	7	+16	
VIII	0,2	11	20	7	+16	
IX	0,2	10	20	7	+17	
X	0,13	7	20	7	-20	
XI	0,7	38	21	8	-9	
XII	0,7	38	21	8	-9	

Уточняем поступление новых и отремонтированных насосов

$$N^{нов} = (261 + 69) \cdot 0,35 = 115$$

$$M' = (338 + 69) - 115 = 292$$

Следовательно, мощность ремонтной базы позволяет отремонтировать требуемое количество насосов.

Список использованной литературы

1. Временная инструкция по обоснованию материально-технических средств для обслуживания систем вертикального дренажа. - Ташкент, 1984. - 78 с.
2. Нормы амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства СССР. - М.: Экономика, 1974. - 76 с.

И.А.Сорокина, канд.геол.-мин.наук
И.Г.Иваненко, канд.геол.-мин.наук
Б.С.Нуртаев

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМА ОТКАЧЕК СИСТЕМ СКВАЖИН ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДГОРНЫХ РАВНИН

Предгорные равнины и конусы выноса в гидрогеолого-мелиоративном отношении отличаются значительной изменчивостью глубин УГВ соответственно типам мелиоративного режима (от автоморфного до гидроморфного), а также литологическим строением водовмещающей толщи. Значительные уклоны потока подземных вод (ПВ) наблюдаются в верхней и средней частях, где грунтовые воды залегают достаточно глубоко; в литологическом отношении толща относительно однородная (зона формирования и транзита потока). В нижней, более равнинной, части уклоны потока выглаживаются, УГВ залегают на глубине 1,5-3,0 м, основной горизонт имеет покров различной мощности, внутри горизонта - прослой суглинков и глин, иногда достаточно значительные (зона выклинивания). Общая мощность водонасыщенных пород значительна - 150 - 300 м без четких водоупоров.

Системы скважин в этих условиях, как правило, располагают рядами. Их целевое назначение - добыча воды (подземные воды обычно пресные) и защита нижней зоны от подтопления.

При разработке методики расчета режима работы таких линейных систем скважин двойного назначения исходим из следующих предпосылок:

1. Поток подземных вод планово-плоский, крупные внутренние и внешние границы представлены линиями, ориентированными перпендикулярно потоку; расчет ведется на единицу ширины потока;
2. Расчеты производятся по характерным фрагментам потока; основным методом расчета является балансовый с использованием гидродинамического и метода фильтрационных сопротивлений;
3. При расчете используется метод смены стационарных состояний.

Назначение расчетов сводится к двум позициям:

- обоснование режима погонного притока к скважинам;
- обоснование режима работы скважин в ряду с учетом их конст-

4. Составляют уравнения баланса потока для каждого фрагмента;
5. Записывают выражения для элементов расхода, оперируя уже траншеями, а не линиями скважин;

6. Разница между расходом потока, формирующимся в первом фрагменте, и его частью, отбираемой первой траншеей, формирует часть притока второго фрагмента и т.д.

Расчет фрагмента I

Во фрагменте I поток подземных вод, формируемый за счет осадков и орошения (q_1), расходуется на правосторонний приток к траншее ($q_{пр}^{ic}$) как часть ее суммарного забора (q_c'); при условии $q_1 > q_{пр}^{ic}$ часть потока (q_2) стекает на границе (линии первой траншеи) фрагмента во фрагмент II (рис.2).

Баланс фрагмента I :

$$q_2 = q_1 - q_{пр}^{ic} \quad (I)$$

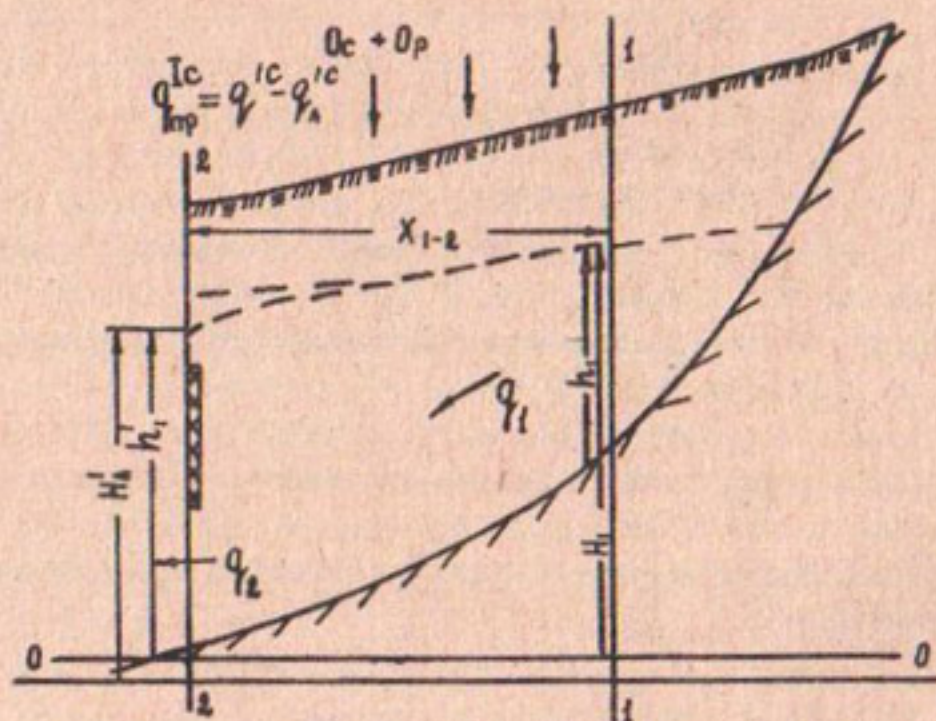


Рис.2. Схема расчета к фрагменту I.

Расход потока q_1 формируется за счет атмосферных осадков и орошения при глубоких УГВ. Находим его из условия постоянства доли $\alpha(Q_c + Q_p)$, поступающей в ГВ в расчетный период времени Δt . Величину H_1 и h_1 принимаем по режимным наблюдениям как среднюю в интервале Δt . Используем приближенное решение движения грунтовых вод при наклонном водоупоре при учете инфильтрации [1,3]. Расчеты выполняются для потока шириной 1 м ($q \frac{м^2}{сут}$):

$$q_1 = K \frac{h_1 + h'_1}{2} \cdot \frac{H_1 - H'_1}{X_{1-2}} + \frac{\alpha_1(Q_c + Q_p)'}{2} X_{1-2}, \quad (2)$$

Q_c - принимается по данным ближайшей метеостанции как средняя интенсивность в расчетный интервал Δt , м/сут;

Q_p - норма поданной на орошение (промывки) воды, приведенная к интенсивности на валовую площадь:

$$Q_p = \frac{Q_p^N \cdot S_{op}}{S_b \cdot 10000 \cdot \Delta t}, \quad (3)$$

где Q_p^N - оросительная (поливная, промывная) норма для рассматриваемой площади с учетом видов культур, м³/га;
 S_{op} и S_b - орошаемая и валовая площади для фрагмента;
 α - доля, достигающая УГВ, для условий Дальварзина может быть определена по графику [4].

Уровень на линии скважин (H_A) определяется по В.М.Шестакову [3], исходя из геометрии водозаборного ряда и производительности скважин:

$$H_A = H_c + \frac{Q_c}{T_c} \cdot f_K, \quad (4)$$

где $f_K = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{S}{\pi d_c^2}$
 (d_c - диаметр скважины, приведенной к совершенной).

При выполнении расчетов можно задаваться величиной H_A . Правомочность ее контролируется возможными напорами (понижениями) H_c (S_c) в эксплуатационной скважине, исходя из ее технических данных, гидрогеологических условий, требований охраны ПВ, возможности получения дебита Q_c при данном насосном оборудовании и конструкции скважины;

$$Q_c = q_c \cdot \sigma. \quad (5)$$

Здесь q_c — погонный приток к линии дренажной траншеи;
 σ — расстояние между скважинами в ряду.

В первом приближении H_A вычисляют по фактическим данным эксплуатации ряда скважин, и в зависимости от последующих расчетов значение его может меняться.

Мощность водоносного горизонта h_A равна

$$\begin{aligned} h_A &= h_c - S_A, \\ S_A &= S_c - \frac{Q_c}{T_c} f_k \quad \text{или} \\ S_A &= H_A^0 - H_A, \end{aligned} \quad (6)$$

где S_A, S_c — соответственно, понижение на линии скважин, а также в скважине при работе ряда;

H_A^0 — напор ПВ (ГВ) до пуска скважин.

Приток справа к траншее при $q_1 \leq 0,5 q_c$ можно принимать $q_{пр}^{ic} = q_1$.

Во всех других случаях находим $q_{пр}^{ic}$ по разнице q_1 и q_2 .

Расход q_2 является притоком по пласту через граничное сечение 2-2 во фрагмент II; его находят из уравнений этого фрагмента (рис.3).

Уравнение баланса ПВ фрагмента при глубоких УГВ имеет следующий вид:

$$q_2 + \alpha_2 (Q_c + Q_p)^n \cdot \chi_{2-3} = q_{гз} + q_{пр}^{nc} + q_A^{ic}. \quad (7)$$

По аналогии с определением фрагмента I установим расход q_2 :

$$q_2 = K \frac{h_A' + h_A^2}{2} - \frac{H_A' - H_A^2}{\chi_{2-3}} - \frac{\alpha_2 (Q_c + Q_p)^n}{2} \chi_{2-3}, \quad (8)$$

где $\alpha_2 (Q_c + Q_p)^n$ рассчитывают описанным выше способом с учетом площадей, видов культур и режима орошения в пределах фрагмента II;

H_A^2 и h_A^2 — определяют, соответственно, по (4) и (6).

Для оценки q_A^{ic} и $q_{пр}^{nc}$ найдем ординату максимального напора между траншеями H_{max} (y_{max}) и расстояние α до этой ординаты от сечения 2-2 [2]:

Расчет фрагмента II

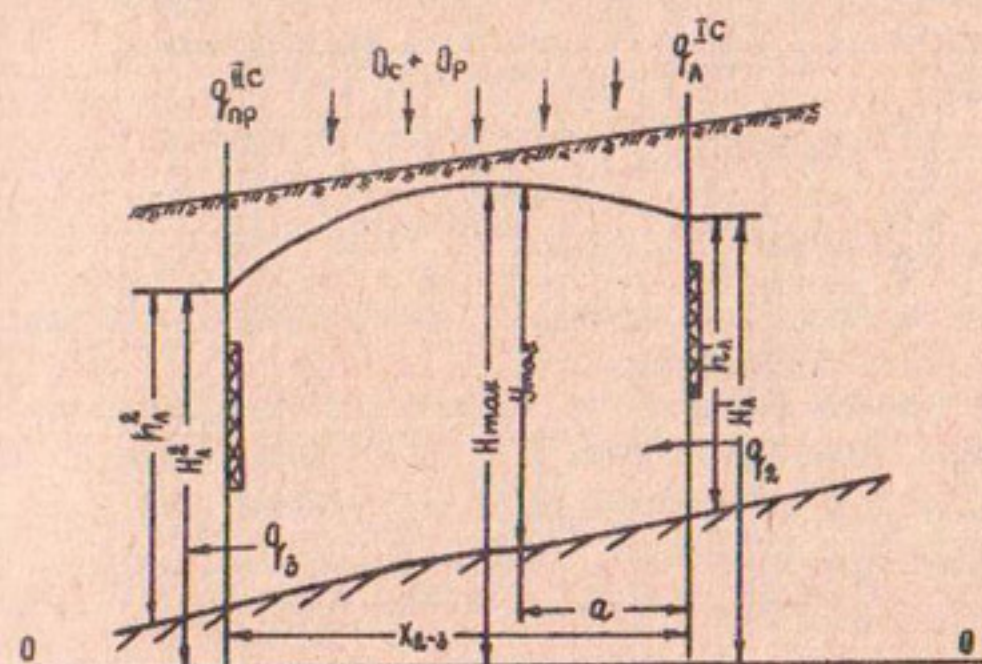


Рис.3. Схема к расчету фрагмента II.

$$a = \frac{x_{2-3}}{2} - \frac{\kappa}{\alpha_2 (Q_c + Q_p)^{1/2}} \cdot \frac{h_A' + h_A''}{2} \cdot \frac{H_A' - H_A''}{x_{2-3}}, \quad (9)$$

$$H_{max} = H_A' - \frac{I}{y_{max} + h_A'} \left[(h_A' + h_A'') \frac{H_A' - H_A''}{x_{2-3}} \cdot a - \frac{\alpha_2 a (Q_c + Q_p)^{1/2}}{\kappa} \cdot (x_{2-3} - a) \right]. \quad (10)$$

Принимая при значительной мощности водоносного горизонта

$$\frac{y_{max} + h_A'}{2} = \frac{h_A' + h_A''}{2} = h_{cp}^{2-3},$$

получим:

$$H_{max} = H'_A - \frac{H'_A - H_A^2}{\chi_{2-3}} a + \frac{\alpha_2 a (Q_c + Q_p)^n}{2H_{cp}^{2-3} \cdot K} (\chi_{2-3} - a). \quad (I0a)$$

Считаем, что инфильтрационное питание в этом фрагменте и приход из фрагмента I ($q_2 \neq 0$) должны быть сняты дренажем.

Тогда

$$\left. \begin{aligned} q_{A'}^{ic} &= \alpha_2 (Q_c + Q_p)^n \cdot a + n_1 q_2 & (a) \\ q_{np}^{nc} &= \alpha_2 (Q_c + Q_p)^n \cdot (\chi_{2-3} - a) + n_2 q_2 & (б) \end{aligned} \right\} \quad (II)$$

где n_1 и n_2 - доля потока q_2 , отбираемая дренажными траншеями.

Если в данном фрагменте q_2 перехватывается полностью, то при условии, что на расстоянии a $q = 0$, весь расход q_2 входит в $q_{A'}^{ic}$, и тогда $n_1 = 1$, $n_2 = 0$. Это возможно при

$$q_c^{ic} + q_{np}^{nc} = q_1 + \alpha_2 (Q_c + Q_p)^n \chi_{2-3} \quad (I2)$$

Если данное условие не выполняется, но

$$q_1 + \alpha_2 (Q_c + Q_p)^n \chi_{2-3} > q_c^{ic} + q_{np}^{nc} \geq \alpha_2 (Q_c + Q_p)^n \chi_{2-3}, \quad (I2a)$$

то можно также принимать $n_1 = 1$, $n_2 = 0$, а расход q_3 будет формироваться за счет инфильтрации.

Третий фрагмент отличается высоким стоянием УГВ, требующим снижения на заданную величину и наличием покровных отложений (рис.4).

Для этого фрагмента составляем систему балансовых уравнений:

I) баланс зоны аэрации по С.Ф.Аверьянову -

$$\Delta W_n = Q_c + Q_p + (1 - \beta) \Phi_n - (u + T_p) \pm q \quad ; \quad (I3)$$

Расчет фрагмента III

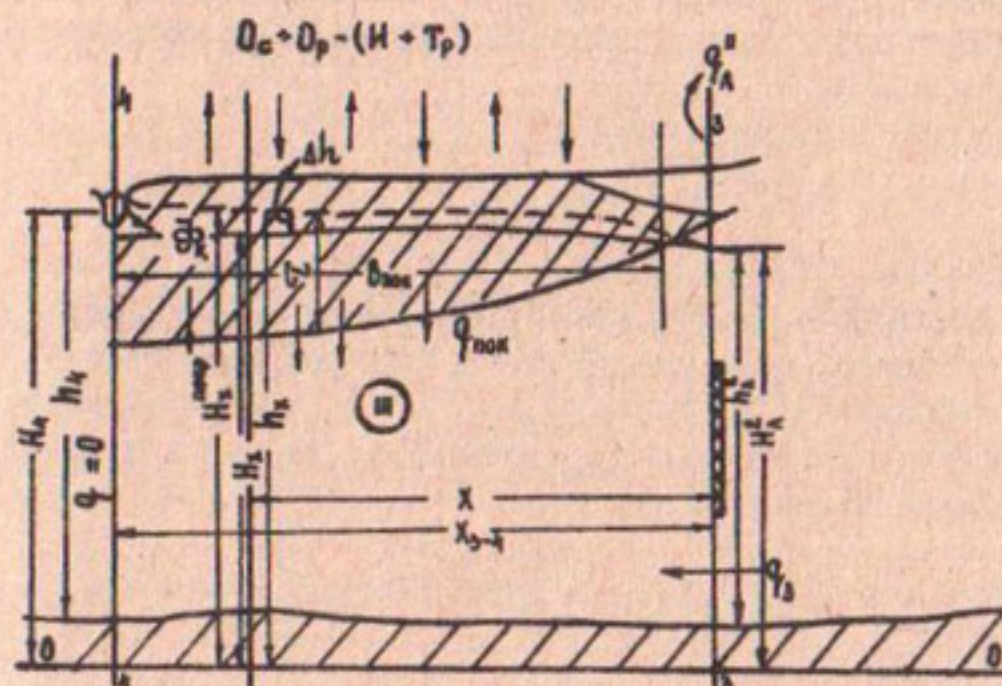


Рис.4. Схема к расчету фрагмента III.

2) изменение запасов ГВ в покровных отложениях -

$$\Delta W_{гв} = \mu \frac{\Delta h}{\Delta t} = \beta \Phi_k \pm q - A_z - q_{пок} \quad , \quad (I4)$$

где $\pm q$ - водообмен между зоной аэрации и грунтовыми водами в покровном мелкоземье;

$q_{пок}$ - отток ГВ из покровных отложений в субнапорный горизонт. В случае необеспечения нисходящих токов из покровного слоя подпитывание ГВ покровных отложений происходит за счет субнапорного горизонта; тогда $q_{пок}$ должно быть отрицательным и в уравнении (I4) иметь вид $[-(q_{пок})]$;

β - доля фильтрации из каналов, идущая на питание грунтовых вод.

Решая совместно (I3) и (I4), получаем:

$$\Delta W_n + \Delta W_{zp} = Q_e + Q_p + \Phi_k - (u + T_p) - A_2 - q_{\text{пок}}. \quad (15)$$

Из решения уравнения (15) при заданном УГВ для каждого интервала времени Δt находим $q_{\text{пок}}$ - расход из покровных мелкозернистых осадков в нижний пласт, обеспечивающий заданную норму осушения в покровных отложениях;

3) баланс субнапорных вод -

$$q_{\text{ис}} = q_3 + q_{\text{пок}}. \quad (16)$$

Уравнения (13, 14, 15) решаются для потока шириной 1 м, длиной X_{3-4} ; входящие в них величины Q_e , Q_p и другие обычным способом приводятся к объемам на площадь 1 м², а далее на длину фрагмента X_{3-4} .

При заданном $h_x^{\text{пок}}$ (либо $Z_{\text{пок}}$, где Z - глубина залегания УГВ), вычисленном значении $q_{\text{пок}}$ найдем H_x в данной точке для субнапорного пласта из уравнения

$$q_{\text{пок}} = K_{\text{пок}} \frac{h_x^{\text{пок}} - H_x}{\tau} X_{3-4}, \quad (17)$$

где τ - мощность покровных отложений.

В то же время H_x можно выразить в виде

$$H_x = H_A^{\text{II}} - \frac{1}{h_x + h_A^2} \left[(h_A^2 + h_4) \frac{H_A^{\text{II}} - H_4}{X_{3-4}} X - \frac{q_{\text{пок}} X}{K} (X_{3-4} - X) \right]. \quad (18)$$

В уравнении (18) $q_{\text{пок}}$ приведено к размеру интенсивности - м/сут на м² площади. Из (18) можно определить H_A^{II} - напор на линии второго ряда дренажа.

При незначительной мощности покровных отложений - менее 5 м - в уравнении (18) вместо $q_{\text{пок}}$ подставляют $\pm q$, определяемый из (13).

h_x , h_A^2 , h_4 , h_A' , h_1 - мощности водоносного горизонта по соответствующим сечениям; могут быть приняты как средние в пределах фрагмента. Например:

$$h_x + h_A^2 = \frac{2(h_x + h_A^2)}{2} = 2h_{\text{ср}}^{3-x}$$

$$h_A + h_4 = 2h_{\text{ср}}^{\text{III}}$$

$$h_A' + h_A^2 = 2h_{\text{ср}}^{\text{II}}$$

$$h_1 + h_A' = 2h_{\text{ср}}^{\text{I}}$$

$$q_{\text{пок}} + h_A' = 2h_{\text{ср}}^{\text{a}}$$

(средняя мощность фрагмента III)

(то же, II)

(то же, I)

} (19)

Тогда уравнения (2,8,9,10,18) будут иметь следующий вид:

$$q_1 = K_1 h'_{cp} \frac{H_1 - H'_A}{X_{1-2}} + \frac{\alpha_1 (Q_c + Q_p)' + \Phi'_K}{2} X_{1-2}, \quad (2a)$$

$$q_2 = K_2 h''_{cp} \frac{H'_A - H_A^2}{X_{2-3}} - \frac{\alpha_2 (Q_c + Q_p)'' + \Phi''_K}{2} X_{2-3}, \quad (8a)$$

$$\alpha = \frac{X_{2-3}}{2} - \frac{K_2 \cdot h''_{cp}}{\alpha_2 (Q_c + Q_p)'' + \Phi''_K} \cdot \frac{H'_A - H_A^2}{X_{2-3}} \quad (9a)$$

$$H''_{max} = H'_A - \frac{H'_A - H_A^2}{X_{2-3}} \alpha + \frac{\alpha_2 \alpha (Q_c + Q_p)'' + \Phi''_K}{2 h''_{cp} \cdot K_2} (X_{2-3} - \alpha), \quad (10a)$$

$$H_x'' = H_A^2 - \frac{H_A^2 - H_4}{X_{2-3}} X + \frac{q_{пзк} \cdot X}{2 h''_{cp} \cdot K_3} (X_{3-4} - X). \quad (18a)$$

Расход в третий фрагмент через сечение 3-3 запишем аналогично q_2 :

$$q_3 = K_3 h'''_{cp} \frac{H_A^2 - H_4}{X_{3-4}} - \frac{q_{пзк}}{2} X_{3-4}, \quad (20)$$

где K_1, K_2, K_3 - средние коэффициенты фильтрации для каждого фрагмента.

Нагрузка на ряды скважин q'_c и q''_c может быть найдена при определении составляющих их притоков с каждой стороны, что требует отыскания напоров на линиях дренажа H'_A и H''_A . Для этого воспользуемся приведенными выше уравнениями и балансом фрагмента I, из которого для q_3 получим:

$$q_3 = q_2 + q_{wII} - q_A^{ic} - q_{np}^{nc}, \quad (21)$$

где q_{wII} - второй член уравнения (8a).

В то же время при $q = 0$ на расстоянии "а" от сечения 2-2 и напоре H''_{max} выразим притоки к эквивалентным траншеям

(ряды скважин) по Дюпюи:

$$\left. \begin{aligned} q_A^{IC} &= K_2 h_{cp}^a \frac{H_{max}^{\bar{a}} - H_A'}{a} \\ q_{пр}^{\bar{a}c} &= K_2 h_{cp}^{a-3} \frac{H_{max}^{\bar{a}} - H_A^{\bar{a}}}{\chi_{2-3} - a} \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Погонный расход первого ряда скважин

$$q_c' = q_1 - q_2 + q_A^{IC}, \quad (23)$$

$$\begin{aligned} q_c' &= K_1 h_{cp}' \frac{H_1 - H_A'}{\chi_{1-2}} + \frac{\alpha_1 (Q_c + Q_p)' + \Phi_K'}{2} \chi_{1-2} - \\ &- K_2 h_{cp}^{\bar{a}} \frac{H_A' - H_A^{\bar{a}}}{\chi_{2-3}} + \frac{\alpha_2 (Q_c + Q_p)^{\bar{a}} + \Phi_K^{\bar{a}}}{2} \chi_{2-3} + K_2 h_{cp}^{\bar{a}} \frac{H_{max}^{\bar{a}} - H_A'}{a}. \end{aligned} \quad (23 \text{ а})$$

В невегетационный период точка перегиба в пределах второго блока отсутствует, поэтому $q_c' = q_1 - q_2$,

$$\begin{aligned} q_c' &= K_1 h_{cp}' \frac{H_1 - H_A'}{\chi_{1-2}} + \frac{\alpha_1 (Q_c + Q_p)' + \Phi_K'}{2} \chi_{1-2} - \\ &- K_2 h_{cp}^{\bar{a}} \frac{H_A' - H_A^{\bar{a}}}{\chi_{2-3}} + \frac{\alpha_2 (Q_c + Q_p)^{\bar{a}} + \Phi_K^{\bar{a}}}{2} \chi_{2-3}. \end{aligned} \quad (24)$$

Расход второго ряда скважин

$$q_c^{\bar{a}} = q_{пр}^{\bar{a}c} + q_3 + q_{ток} \cdot \chi_{3-4}. \quad (25)$$

Из (22) и (20) имеем:

$$q_c^{\bar{a}} = K_2 h_{cp}^{a-3} \frac{H_{max}^{\bar{a}} - H_A^{\bar{a}}}{\chi_{2-3} - a} + K_3 h_{cp}^{\bar{a}} \cdot \frac{H_A^{\bar{a}} - H_A}{\chi_{3-4}} + q_{ток} \frac{\chi_{3-4}}{2}. \quad (26)$$

При значительных уклонах потока ГВ точка перегиба за счет инфильтрации четко не выражается. Тогда

$$q_c^{\bar{a}} = K_2 h_{cp}^{\bar{a}} \frac{H_A^{\bar{a}} - H_A^{\bar{a}}}{\chi_{2-3}} + K_3 h_{cp}^{\bar{a}} \frac{H_A^{\bar{a}} - H_A}{\chi_{3-4}} + q_{ток} \frac{\chi_{3-4}}{2}. \quad (26a)$$

Ниже приведен порядок расчета режима откачки двухрядовой системы.

Расчет начинается с фрагмента III. Для точки на расстоянии x от сечения 3-3 (второй ряд скважин) задаемся требуемой глубиной залегания ГВ - Z_x для каждого момента времени Δt , при этом $Z_x = H_{зем} - h_x$ (где $H_{зем}$ - абсолютная отметка земли, h_x - то же, УГВ).

Из уравнения (15) находим $q_{лок}$;

из (17) определяем H_x для субнапорного горизонта;

из (18) устанавливаем H_L ;

из (26) либо (26a) рассчитываем погонный расход скважин II ряда;

из (16) находим $q_A^{\bar{z}}$:

$$q_A^{\bar{z}} = K_3 h_{cp}^{\bar{z}} \frac{H_A - H_4}{X_{3-4}} + q_{лок} \frac{X_{3-4}}{2}. \quad (27)$$

$q^{\bar{z}}$ определяем по разнице (26) - (27).

Далее в расчет вводим фрагменты I и II.

В первом приближении задаемся погонным расходом q_c^I , который находим по разнице требуемого для орошения суммарного расхода двух рядов -

$$q_{сум} - q_c^{\bar{z}} = q_c^I; \quad (28)$$

для контроля сработки первым рядом инфильтрационного питания фрагментов I и II оцениваем q_c^I по (23), для чего определяем все входящие в него значения.

H_A^I оцениваем вначале из анализа действующего ряда по (4).

Основываясь на выполненных теоретических проработках, мы произвели осредненный расчет режима откачек для действующей двухлинейной системы скважин, размещенных на территории I-II очередей освоения Дальварзинской степи и осуществляющих функции двойного назначения - осушительно-обводнительные. Годовые планы-графики откачек системы приведены в табл. I; 2.

Т а б л и ц а I

ГОДОВОЙ ПЛАН-ГРАФИК

откачек скважин системы вертикального дренажа (I-ая группа скважин)

Показатель	М е с я ц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Количество скважин в системе	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
Из них:													
скважины одиночного ряда	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
скважины ярусного ряда	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
количество кустов	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Коэффициент работы системы:													
ярусный ряд	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
одиночный ряд	0,2	0,5	0,8	0,8	0,86	0,87	0,94	1,0	0,84	0,7	0,7	0,7	0,7
Количество одновременно работающих скважин:													
ярусный ряд	31	31	31	31	27	35	35	31	31	31	31	31	31
одиночный ряд	3	7	11	11	12	13	14	14	11	10	10	10	
Объем потребной откачки (одиночн. и ярусн. ряды), тыс. м ³ /сут	136,5	154,6	172,8	172,8	160,7	182,3	185,7	181,4	171,9	166,7	166,7	166,7	2019
Среднемесячная глубина залегания грунтовых вод, м	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	2,5

Таблица 2

ГОДОВОЙ ПЛАН-ГРАФИК

откачек скважин системы вертикального дренажа (2-3-ья группа скважин)

Показатель	М Е С Я Ц												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2-ая группа скважин													
Количество кустов	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Количество скважин	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Коэффициент работы системы	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Количество одновременно работающих скважин	12	12	12	12	11	13	12	12	12	12	12	12	12
Объем потребной откачки, тыс.м ³ /сут	53,5	53,5	53,5	53,5	49,2	56,1	52,7	52,7	52,7	52,7	52,7	52,7	635
3-ья группа скважин													
Количество кустов	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Количество скважин	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Коэффициент работы системы	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Количество одновременно работающих скважин	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Объем потребной откачки, тыс.м ³ /сут	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	581
Среднемесячная глубина залегания грунтовых вод, м	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	2,5	

Список использованной литературы

1. Силин-Бекчурин А.Д. Динамика подземных вод. - М.: МГУ, 1958.
2. Ходжибаев Н.М. Естественные потоки грунтовых вод. - Ташкент: Фан, 1970. - С.93-104.
3. Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. - М.: МГУ, 1965. - С.93-104.

Х.И.Якубов, канд.техн.наук
 А.А.Кузьменко
 В.Т.Насыров, канд.техн.наук
 (САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО ДЕБИТА СКВАЖИНЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Развитие технологии строительства скважин, появление новых конструктивных решений всех основных элементов установок вертикального дренажа (УВД) позволяет увеличить отдачу скважин. Становится реальным (особенно для гидрогеологических условий, когда каптируемый пласт представлен мощным галечником) получение дебита 100-200 л/с и более.

Естественно, чем больше дебит, тем меньше УВД потребуется для дренирования данной площади. Однако с увеличением дебита растут стоимость установки, затраты на эксплуатацию и т. д.

Неоднозначная зависимость экономических показателей от величины дебита УВД в ряде случаев вызывает сомнение в целесообразности дальнейшего повышения дебита. Следовательно, задача по определению целесообразного дебита УВД может и должна быть решена с использованием экономического критерия оптимальности как наиболее обобщающего. Этот критерий позволит учесть особенности каждого варианта дебита.

Для этих целей приемлем минимум суммарных приведенных затрат на создание и эксплуатацию УВД и ущербов U .

$$Z_{np} = C + Y \rightarrow \min. \quad (I)$$

Выбор оптимального варианта следует осуществлять методом сравнительной экономической эффективности.

Поиск искомого дебита в данной работе выполнялся в такой последовательности.

На некоторой площади (например, $S = 6000$ га) предполагается строительство вертикального дренажа. Необходимо выбрать наиболее оптимальный дебит УВД с учетом ряда выпускаемых или предполагаемых к выпуску по ГОСТ 10428-79 типоразмеров электронасосов: 63, 100, 120, 160, 210, 255, 315, 375, 500, 540, 630, 720, 800, 1000 м³/ч, считая, что гидрогеологические условия допускают обеспечение любого дебита из приведенного выше ряда.

Требуемое количество УВД исходя из водного баланса на площади S составит

$$n = \frac{S\varepsilon}{Q}, \quad (2)$$

где Q — дебит УВД;
 ε — интенсивность инфильтрации (принимая $\varepsilon = 0,001$ м/сут).

Приведенные (к году) затраты на создание (K) и эксплуатацию ($Э$) УВД, объединенные по формуле приведения, равны сумме затрат каждого из m элементов и типов оборудования

$$Z_{np} = \sum_{i=1}^m (\varepsilon_i + EK_i). \quad (3)$$

УВД включает:

- СКВ — скважину (ствол, каркас, фильтр);
- НУ — насосную установку (электронасос, водоподъемные трубы, арматуру, кабель);
- СУ — станцию управления;
- ТП — трансформаторную подстанцию;
- ВЛ — высоковольтную линию электропередач;
- ПД — подъездную дорогу к скважине;
- КДС — отводящую коллекторно-дренажную сеть;
- П — площадку вокруг скважины;
- Д — домик;

ГТС – отводящее гидротехническое сооружение.

Поскольку проектные затраты по некоторым видам работ и оборудования для каждого варианта дебита не приведены, их рассчитывали по укрупненным расценкам или методом интерполяции по существующим ценникам.

Принимая во внимание, что выбор вариантов осуществляется методом сравнительной экономической эффективности, в расчетах учитывались затраты, зависящие от величины дебита. Затраты, величина которых не зависела от дебита, в расчетах не учитывались, поскольку на конечный результат они не влияли.

При расчете стоимости скважины с различным дебитом допускалось, что они имеют одинаковый диаметр бурения $D_{скв} = 1,27$ м и одинаковую длину глухой части. Длина фильтра зависит от проводимости водоносного пласта, конструкции фильтра скважины и в первом приближении при известных дебитах может быть определена по зависимости [1]:

$$c_{\varphi} = \frac{1,2 Q}{\pi D_{скв} (90 - 120) \sqrt{k \rho}}, \quad (4)$$

где k – коэффициент фильтрации водоносного пласта,
 $k = 20$ м/сут;
 ρ – пористость гравийной обсыпки.

Понижение в скважине получено из выражения

$$H_a = h + \frac{\varepsilon R^2}{2T} \left(c_a \frac{R}{0,5 D_{скв}} - 0,5 \right), \quad (5)$$

где h – норма понижения, $h = 2,5$ м;
 R – радиус влияния скважины.

Основные параметры скважин приведены в табл. I.

Т а б л и ц а I

Основные параметры УВД с различным дебитом

Параметры	Дебит, м ³ /ч					
	160	210	255	375	540	720
Радиус влияния, м	1110	1270	1400	1700	2032	2350
Количество УВД на площади = 6000 га, шт.	15,5	11,7	9,8	6,6	4,6	3,4
Понижение в скважине, м	7,8	9,6	11,3	15,7	22,0	29,0
Длина фильтра, м	12	16	19	25	33	39
Глубина скважины, м	32	36	39	45	53	60
Установленная мощность электронасосов, кВт	9	13	17	33	61	101
Установленная мощность КТП, кВт	25	40	63	100	100	250
Длина трубопроводной системы, м	52	56	59	66	74	83

Стоимость скважины определялась в зависимости от ее глубины по укрупненным расценкам.

Затраты на НУ, СУ и КТП вычислялись в зависимости от установленной мощности оборудования.

$$\left. \begin{aligned} K_{скв} &= (\ell_{\phi} + m_1) \rho_{скв}; \\ K_{НУ} &= C_{НУ} + M_{НУ} + \ell_{тр} \cdot \rho_{тр}; \\ K_{СУ} &= C_{СУ} + M_{СУ}; \\ K_{КТП} &= C_{КТП} + M_{КТП}; \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Здесь $C_{НУ}$, $C_{СУ}$, $C_{КТП}$ — стоимость НУ, СУ, КТП в зависимости от мощности. Данная зависимость,

построенная по существующим ценникам, приведена на рис. I;

$M_{НУ}$, $M_{СУ}$, $M_{КТП}$ — затраты на монтаж и наладку; приняты равными 2 % от стоимости;

$\ell_{тр}$ — длина трубопровода;

$\rho_{тр}$ — стоимость 1 м трубопровода;

$\rho_{скв}$ — стоимость 1 м скважины (бурение, обсадная труба, фильтр) без оборудования, $\rho_{скв} = 900$ руб. (данные проектов).

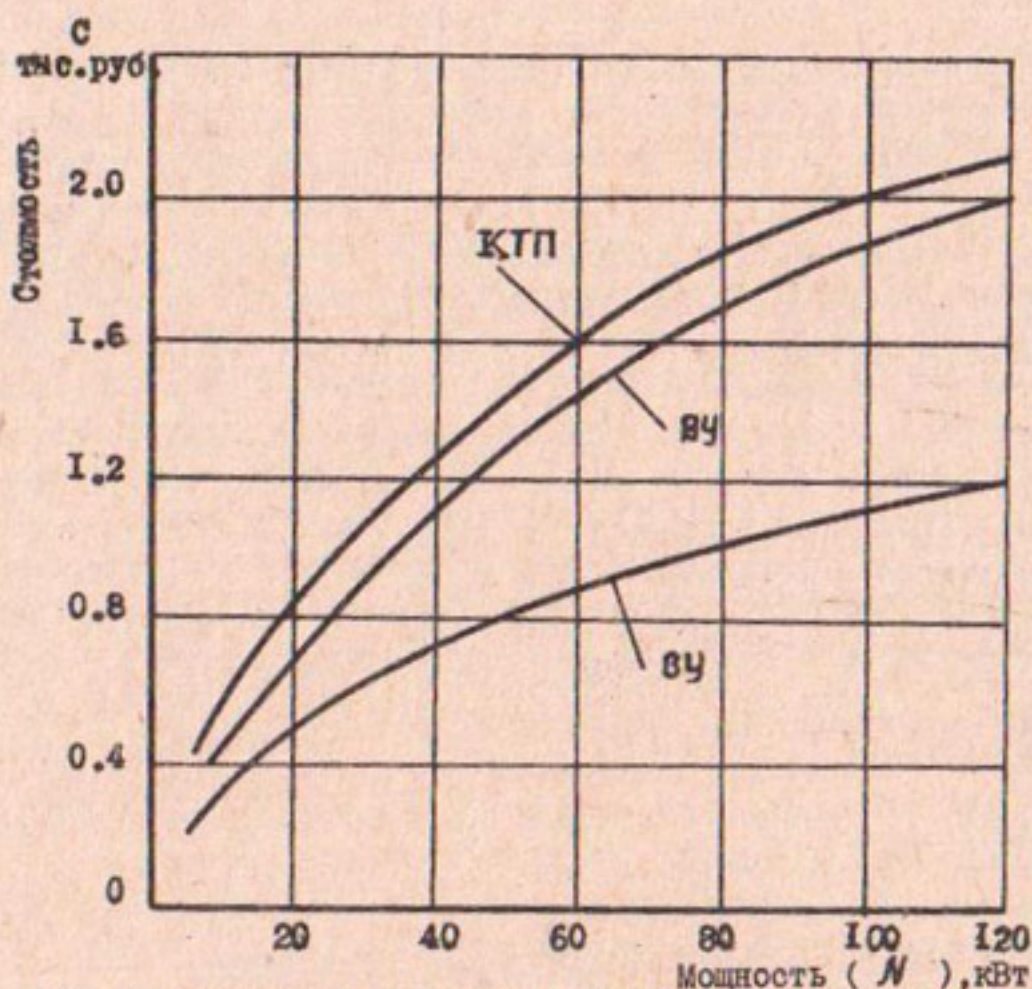


Рис.1. Зависимость стоимости оборудования от установленной мощности.

η а %

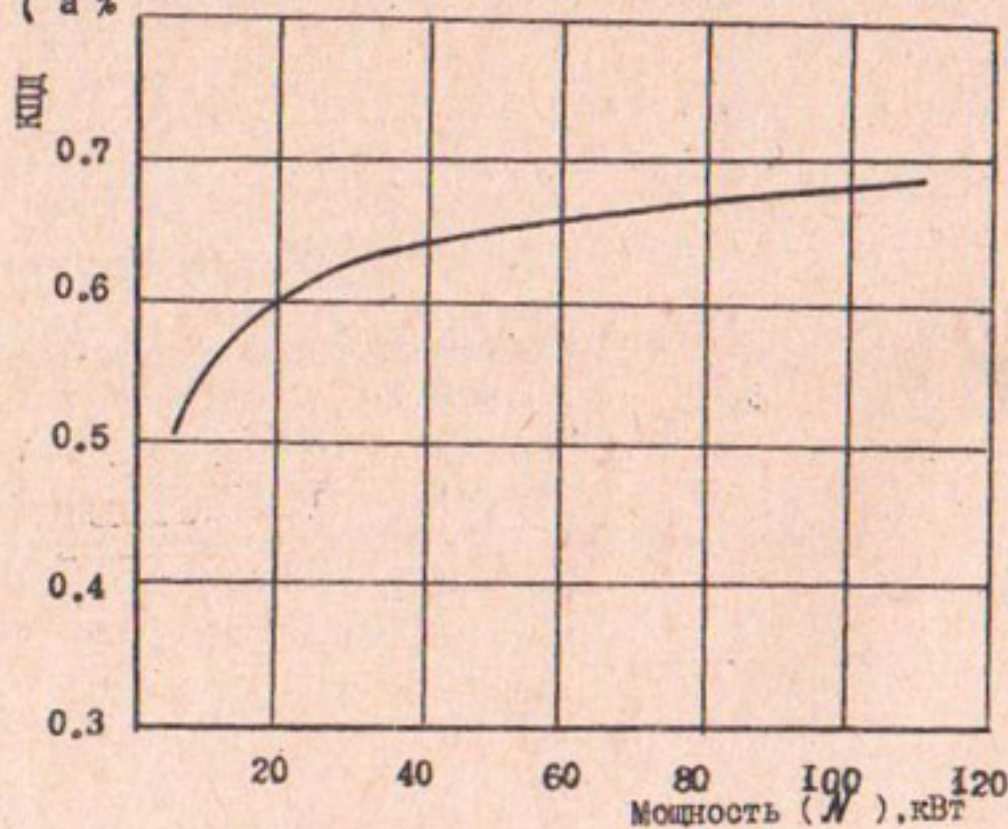


Рис.2. Зависимость КПД электронасоса от установленной мощности.

Требуемая мощность электронасоса определялась по зависимости

$$N = \frac{\gamma Q H}{\eta_a}, \quad (7)$$

где γ — удельный вес воды;
 η_a — КПД агрегата. Его зависимость от установленной мощности двигателя приведена на рис. 2;
 H — требуемый напор; определяется по зависимости

$$H = H_d + H_r + h_w, \quad (8)$$

здесь H_r — превышение отметки отводящего трубопровода;
 h_w — потери напора в трубопроводной системе и арматуре.

Стоимость ВЛ, ПД, КДС зависит от их протяженности и изменяется нелинейно при увеличении числа УВД.

В общем случае стоимость может быть определена по зависимости

$$\left. \begin{aligned} K_{вл} &= L_{вл} \cdot \rho_{вл} \\ K_{пд} &= L_{пд} \cdot \rho_{пд} \\ K_{кас} &= L_{кас} \cdot \rho_{кас} \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

где $\rho_{вл}$, $\rho_{пд}$, $\rho_{кас}$ — стоимость 1 м, соответственно ВЛ, ПД, КДС, по данным проектов, равная 3; 15; 18 руб;

$L_{вл}$, $L_{пд}$, $L_{кас}$ — протяженность ВЛ, ПД, КДС, которая с достаточной точностью может быть определена по зависимости

$$L = \sqrt{S \cdot n}. \quad (10)$$

Стоимость площадки, домика, отводящего и водоприемного сооружений принята постоянной для всех УВД с разным дебитом и поэтому при расчетах не учитывалась.

Результаты расчетов единовременных затрат приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Затраты на УВД в зависимости от дебита, тыс.руб.

Название оборудования:	Дебит, м ³ /ч					
	: 160	: 210	: 255	: 375	: 540	: 720
СКВ	28,8	32,4	35,1	41,4	48,6	57,6
НУ	0,96	1,11	1,27	1,71	2,24	2,71
СУ	0,32	0,4	0,46	0,68	0,92	1,14
КТП	1,0	1,24	1,74	2,12	2,58	2,98
ВЛ	5,6	6,3	6,6	7,8	8,7	9,3
ЦД	27,8	31,5	33,0	39,0	43,5	46,5
КДС	33,3	37,8	39,6	46,8	52,2	55,8
УВД	97,8	110,8	117,8	139,5	158,7	176,0
Приведенные затраты	11,7	13,3	14,1	16,7	19,0	21,1

В текущие включены затраты, связанные с эксплуатацией УВД: амортизационные отчисления, затраты на обслуживание и текущий ремонт; затраты на электроэнергию.

Амортизационные отчисления на полное восстановление и капитальный ремонт составляют

$$\mathcal{Z} = \frac{a_n \cdot C}{100}, \quad (11)$$

где a_n - норма амортизационных отчислений;
 C - балансовая стоимость оборудования.
 Затраты на обслуживание и текущий ремонт

$$\mathcal{Z}_r = \frac{a_r \cdot C}{100}, \quad (12)$$

где a_r - норма отчислений на текущий ремонт.
 Затраты на электроэнергию определяли по формуле

$$\mathcal{Z}_{эл} = N T K_{вр} \rho_{эл}, \quad (13)$$

где T - календарное время работы УВД (год);
 $K_{вр}$ - коэффициент полезной работы скважин;
 $\rho_{эл}$ - тариф стоимости 1 кВт·ч, $\rho_{эл} = 0,01$ руб/кВт·ч.
 Расчеты эксплуатационных затрат сведены в табл.3.
 Ущербы от переосушения вычисляли по формуле

$$\mathcal{U}_{ос} = S_{ос} \rho_{ос} n, \quad (14)$$

Т а б л и ц а 3

Эксплуатационные затраты УВД в зависимости от дебита, тыс.руб.

Затраты	Дебит, м ³ /ч					
	: 160	: 210	: 255	: 375	: 540	: 720
Электроэнергия	0,79	1,14	1,49	2,89	5,34	9,02
Текущий ремонт	2,44	2,75	2,93	3,47	3,94	4,43
Амортизация	7,27	8,32	8,87	10,40	11,90	13,31
Суммарные затраты на УВД	10,50	12,21	13,29	16,76	21,18	26,76

где S_{oc} - площадь переосушения, на которой понижение в скважине превышает норму на 0,5 м; $S_{oc} = \pi r_{oc}^2$;
 $r_{oc} = 3$ м;

ρ_{oc} - удельные ущербы приняты условно, поскольку сравниваются варианты; $\rho_{oc} = 0,005$ тыс.руб./га.

Радиус круга с центром в скважине, в которой наблюдается такое понижение, можно определить по выражению, встречающемуся в работе / 2/

$$S_{oc} = -\frac{3 \epsilon R^2}{8 T} + \frac{\epsilon m_1}{R_1} + \frac{\epsilon r_{oc}^2}{4 T} + \frac{\epsilon R^2}{2 T} \ln \frac{R}{r_{oc}}, \quad (15)$$

где m_1 - толщина покровного мелкозема; $m_1 = 20$ м;

T - проводимость пласта; $T = m_2 k$

m_2 - толщина каптируемого слоя; $m_2 = 40$ м.

Величины ущербов приведены в табл.4.

Т а б л и ц а 4

Расчет суммарных приведенных затрат и ущербов на все УВД, тыс.руб.

Затраты	Дебит, м ³ /ч					
	: 160	: 210	: 255	: 375	: 540	: 720
Приведенные капитальные	181,4	155,6	136,8	110,2	87,4	71,7
Эксплуатационные	161,7	142,86	128,9	110,62	97,43	90,98
Ущерб от переосушения	10,2	9,8	9,75	9,4	9,2	9,0
Суммарные	353,3	308,3	275,5	230,2	194,0	171,7

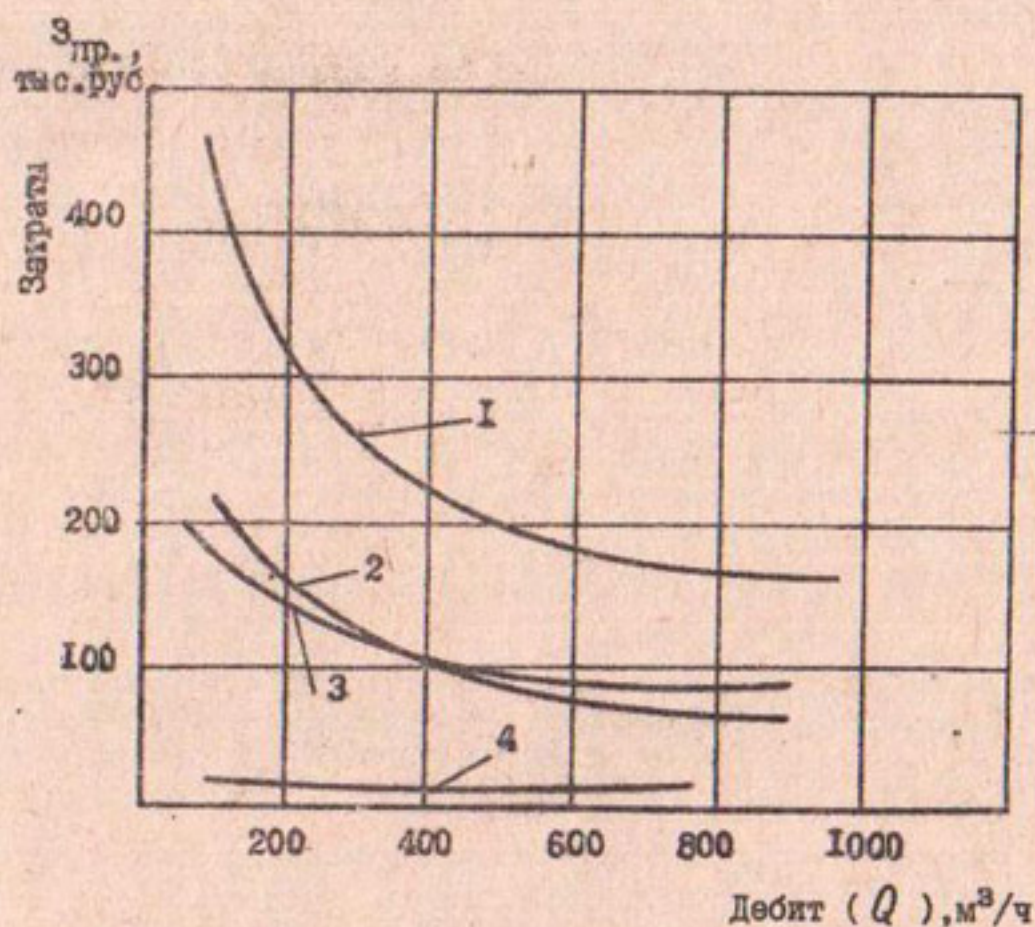


Рис.3. Изменение приведенных затрат и ущербов от дебита скважины (дренируемый участок 6000 га; m_1 - 20 м; m_2 - 40 м; k - 20 м/с):
 I - приведенные суммарные затраты;
 2 - приведенные капитальные затраты;
 3 - эксплуатационные затраты;
 4 - ущербы.

Кроме того, ущербы возникают при простоях скважин вследствие отключения электроэнергии, отказов, по другим причинам. Мелиоративные ущербы, связанные с отключением электроэнергии, для всех вариантов будут равны, поскольку простаивают все скважины одновременно.

К сожалению, мы не располагаем сведениями о показателях надежности оборудования сравниваемых вариантов и, следовательно, не можем подсчитать время простоя, а также величину удельных ущербов. Но если предположить, что надежность оборудования и удельные ущербы равны для всех вариантов дебитов, то величина ущербов зависит только от площади зоны влияния УВД; в наших расчетах она принята постоянной. Поэтому значения ущербов при отказах можно считать одинаковыми для различных дебитов, не влияющими на величину критерия.

Изменения приведенных затрат по рассматриваемым вариантам (рис.3) указывают на снижение затрат в пределах выбранного ряда дебитов.

ВЫВОДЫ

1. С увеличением дебита УВД суммарные приведенные затраты имеют тенденцию к снижению, что указывает на экономическую эффективность и целесообразность строительства высокодебитных скважин.

2. В связи с целесообразностью строительства высокодебитных скважин необходимо разработать скважинные электронасосы с подачей 100-200 л/с на напоры 20-30 м.

Список использованной литературы

1. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. - М.: Колос. - 1978. - 340 с.
2. Олейник А.Я. Фильтрационные расчеты вертикального дренажа. - Киев: Наукова думка. - 1978. - 202 с.

Х.И.Якубов, канд.техн.наук
 А.А.Кузьменко
 В.Т.Насыров, канд.техн.наук
 (САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДОПУСТИМОГО СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

При эксплуатации систем вертикального дренажа (СВД) в результате износа погружных насосов дебит их снижается. Как показали результаты обследований, эксплуатация насосных установок с пониженной (на 25-30 %) подачей - явление довольно распространенное.

Снижение дебита приводит к нарушению водно-солевого баланса, повышению уровня грунтовых вод на дренируемой территории, уменьшению мелiorативной эффективности СВД. Кроме того, систематическая и длительная работа установок вертикального дренажа (УВД) с пониженным дебитом повышает удельные эксплуатационные затраты.

Перечисленные выше последствия износа насосных установок приносят значительный экономический ущерб и поэтому это явление необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации СВД.

При существующей технологии эксплуатации из-за отсутствия диагностических приборов (прежде всего приборов для измерения расходов) фиксируется только функциональный отказ, выражающийся в полной потере работоспособности установки. Однако основной причиной несвоевременной замены изношенного оборудования является отсутствие понятия параметрического отказа применительно к УВД.

Целью исследований является определение допустимой величины снижения дебита и КПД, с наступлением которой происходит параметрический отказ и дальнейшая эксплуатация насосных установок становится нецелесообразной.

Определение допустимого уровня снижения эксплуатационных параметров является оптимизационной задачей. С одной стороны, при увеличении частоты ремонтов сокращаются убытки от снижения откачиваемого дебита и энергетических показателей электронасоса, с другой - возрастают затраты на проведение ремонтов и ущербы от простоев скважин. Оптимальной можно считать величину снижения подачи насоса (откачиваемого дебита) и КПД, соответствующую минимуму приведенных

затрат на эксплуатацию и ремонт скважинных насосов.

Затраты вычислялись по формуле

$$Z = Y + C_p + C_e, \quad (1)$$

где Y — ущербы от недооткачек при работе УВД с пониженной подачей, руб;

C_p — стоимость работ по замене и ремонту насосных установок, руб;

C_e — стоимость потребляемой электроэнергии при работе электронасоса, руб.

Изучение скважинных насосов, эксплуатирующихся в различных условиях, техническая экспертиза отказавших электронасосов при подконтрольной эксплуатации, а также лабораторные исследования электронасосов с различной степенью износа проточной части и щелевого уплотнения позволили установить закономерность изменения подачи насоса ΔQ и его КПД. Для всех типоразмеров погружных электронасосов, применяющихся на скважинах вертикального дренажа и характеризующихся небольшими напорами (15–30 м), эта зависимость может быть представлена в виде

$$\Delta Q = Q_n \cdot q_n \cdot (1 - e^{-\alpha t}), \quad (2)$$

где Q_n — номинальная подача насоса, л/с;

q_n — максимально возможное относительное снижение подачи насоса. Для различных конструкций электронасосов, применяемых на УВД, эта величина колеблется от 0,32 до 0,36;

α — коэффициент, характеризующий условия эксплуатации и конструктивные особенности скважинного насоса.

Зависимость (2) для наиболее распространенного на скважинах вертикального дренажа электронасоса 23ЦВ12-255-30Г представлена на рис.1.

Значение коэффициента α для других типоразмеров, применяемых на УВД, может быть с достаточной степенью точности принято для различных (по интенсивности пескования) групп скважин в следующих пределах (таблица).

Типоразмер	: Значение коэф-та λ для групп скважин со средневзвешенным пескованием $K_{\text{ср.в.}}$				
	: $K < 0,01$	: $0,01 < K < 0,1$	: $0,1 < K < 0,5$	: $0,5 < K < 1,0$	: $K > 1,0$
	: Непескующие	: Слабопескующие	: Среднепескующие	: Пескующие	: Сильнопескующие
ЭЦВ10-160-35Г	0,05	0,05...0,07	0,07...0,22	0,22...0,36	0,36
ЭЦВ12-255-30Г	0,06	0,06...0,12	0,12...0,32	0,32...0,54	0,54
ЭЦВ12-375-30Г	0,06	0,06...0,08	0,08...0,28	0,28...0,48	0,48

Ущерб от недооткачек по причине износа проточной части и щелевого уплотнения принимают равным приведенным затратам $C_{\text{до}}$ на создание и эксплуатацию такого количества УВД с дебитом Q_H , которое смогло бы компенсировать недооткачки в объеме W из-за снижения подачи насоса.

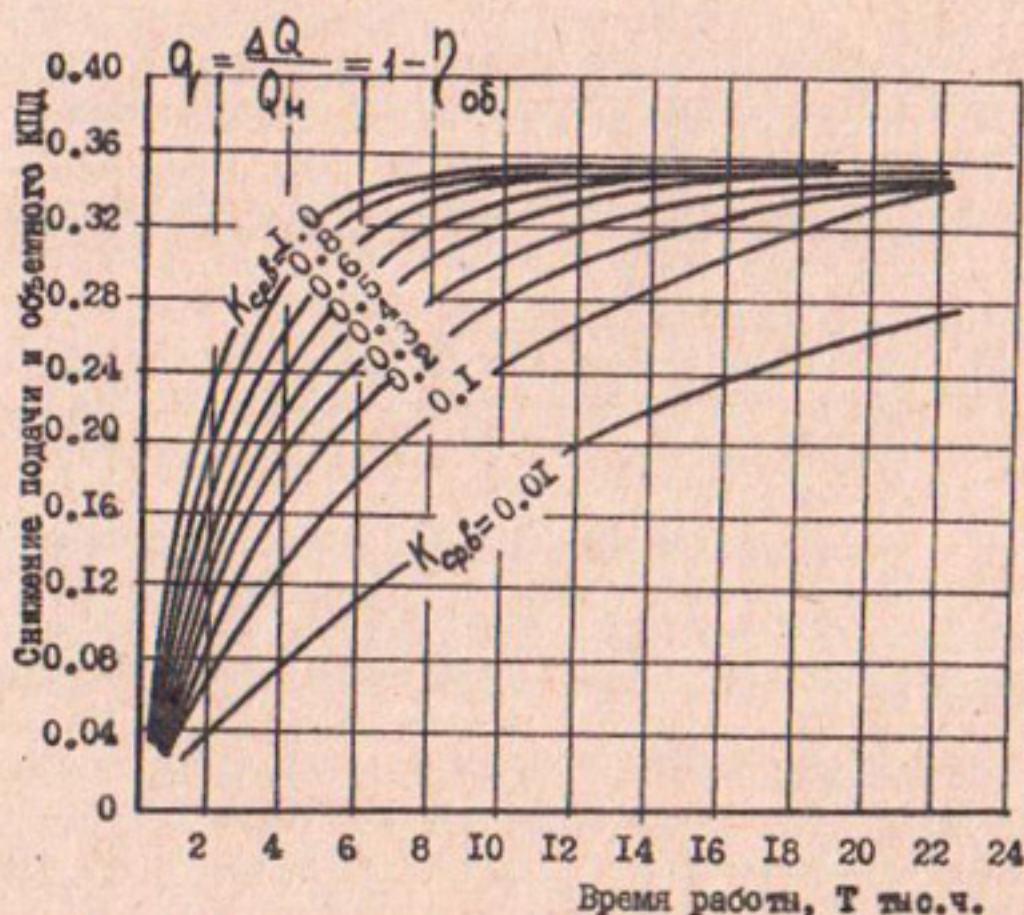


Рис. I. Изменение эксплуатационных параметров скважинного электронасоса 2ЭЦВ 12-255-30Г при средневзвешенном песковании ($K_{\text{ср.в.}} = 0,01-1,0$ г/л).

С учетом зависимости (2) величину ущерба от недооткачек можно найти по формуле

$$y = \frac{C_{\text{э}} \cdot W}{Q_n T} \cdot q \int_0^{t_p} (1 - e^{-\alpha t}) \alpha dt, \quad (3)$$

где t_p – периодичность проведения ремонтов.

Потребляемая мощность при снижении подачи насоса изменяется и определяется, с одной стороны, уменьшением напора скважинного насоса, с другой – снижением объемного КПД. Изменение мощности можно принять пропорциональным изменению подачи в степени 1,5. Следовательно, энергетические затраты могут быть определены по зависимости

$$C_2 = m \frac{I}{t_p} N_n \int_0^{t_p} [1 - q(1 - e^{-\alpha t})^{1.5}] \alpha dt, \quad (4)$$

здесь m – удельная стоимость электроэнергии, равная 0,01 руб/кВт·ч;

N_n – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

Затраты на ремонт электронасоса за время T составляют:

$$C_p = \frac{I}{t_p} \cdot \left(\frac{C_{\text{э}} T}{T} + C_r \right), \quad (5)$$

где T – календарное время, равное 8760 ч;

C_r – стоимость ремонта, включающая монтаж и демонтаж; для различных зон вертикального дренажа изменяется от 200 до 1000 руб;

τ – продолжительность простоя скважины во время замены электронасоса, ч.

Анализируя влияние каждой из составляющих, можно отметить, что при существующей технологии эксплуатации изменение энергетических затрат не превышает 1–2 % по отношению к изменению других затрат, входящих в уравнение (1), то есть изменение КПД установки не может оказать существенного влияния на выбор оптимального варианта. Следовательно, основной параметр, определяющий параметрический отказ,

подача насоса. Для конкретных исходных данных при различных значениях t_p методом подбора вычисляются затраты по (3), (4), (5) и определяется периодичность ремонтов, при которой суммарные затраты принимают наименьшее значение. Результаты вычислений сведены в номограмму (рис.2), из которой для конкретных условий эксплуатации

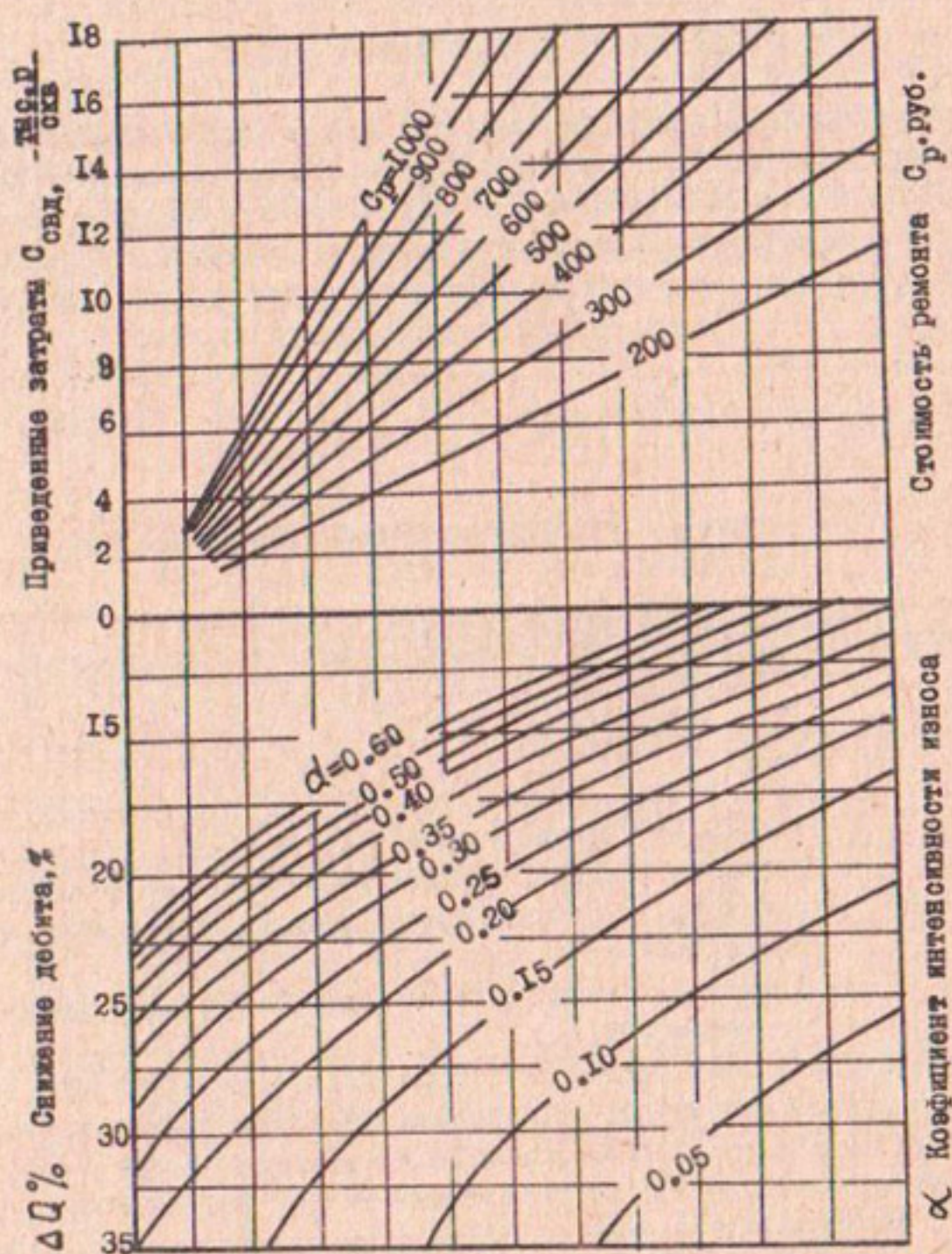


Рис.2. Номограмма для определения допустимого снижения подачи насоса на скважинах вертикального дренажа.

по коэффициенту α , затратам на ремонт C_p и приведенным затратам на создание скважин $C_{\text{с}}$ можно определить допустимую величину снижения подачи электронасоса. Эта величина для электронасосов различных типоразмеров колеблется от 10 до 35 % от номинального значения.

Учитывая последствия ущербов от недооткачки дренажной воды, необходимо разработать эксплуатационные мероприятия, предотвращающие уменьшение откачиваемого дебита скважин, а при совершенствовании конструкции электронасосов специально для вертикального дренажа — усовершенствовать узлы, которые изнашиваются в процессе эксплуатации и приводят к уменьшению подачи насоса.

А.А.Кузьменко

Е.С.Полинова

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОГРУЖЕННЫХ НАСОСОВ НА СКВАЖИНАХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Вертикальный дренаж (ВД), являясь одним из действенных средств мелиорации земель, представляет собой как гидротехнический, так и энергетический объект. Поэтому весьма важна гарантия не только достаточной надежности элементов системы, но и экономичности их работы.

Наилучшие условия для экономичной эксплуатации насосной установки ВД достигаются при полном соответствии параметров погружного электронасоса (подача, напор) и скважины (дебит, понижение).

Фактические напоры выпускаемых скважинных электронасосов в 1,5–2 раза выше требуемых. Для приведения их в соответствие применяют различные способы регулирования: дросселирование в трубопроводе, подрезку рабочего колеса, снятие ступеней насоса, выпуск воздуха, сброс. Можно использовать и другие, более сложные и дорогостоящие, способы регулирования: изменение частоты вращения с помощью теристорных преобразователей частоты, изменение геометрии проточной части рабочего колеса и др.

Широко применяются в основном два способа регулирования: дросселирование и перепуск. Однако они связаны с непроизводительной

тратой электроэнергии; в частности, при дросселировании — на гашение излишнего напора, при перепуске — на сброс части перекачиваемой воды.

Рекомендуемый в последнее время способ регулирования скважинных насосов — подрезка рабочих колес /1/ — на 5–8 % экономичнее дросселирования. Однако при этом нарушается балансировка, причем с увеличением глубины подрезки степень дисбаланса растет, что требует дополнительной их балансировки. В условиях ремонтных мастерских это представляет определенные трудности.

В связи со сказанным, поиск простых и более экономичных способов регулирования — актуальная задача.

Нами предлагается регулирование параметров насоса сбросом по "малому контуру". В отличие от традиционно применяемого способа регулирования сбросом, при котором часть перекачиваемой воды сбрасывается с верхнего бьефа напорного трубопровода в нижний (в скважину), в предлагаемом способе сброс осуществляется из области за рабочим колесом до выправляющего аппарата через кольцевой регулируемый зазор между рабочим колесом и корпусом непосредственно во входную часть рабочего колеса, т.е. по "малому контуру".

Указанный сброс в научно-технической литературе [2, 3] рассматривается только как утечка через щелевое уплотнение, которое определяет изменение объемного КПД. Причем, изменение гидравлического КПД в результате изменения соотношения основного и перепускаемого расходов не учитывается. Уменьшение основного потока снижает потери энергии в выправляющем аппарате (которые, по данным [3], составляют 5–10 %), а также во всасывающей и напорной линиях. Кроме того, перепускаемый поток, проходя между корпусом насоса и ведомым диском рабочего колеса, приобретает от него вращательное движение, создавая при этом на входе рабочего колеса закрутку потока, что аналогично действию направляющего аппарата.

Благодаря перечисленным выше положительным эффектам, сброс по "малому контуру" обеспечивает снижение энергетических затрат (по сравнению с обычным сбросом и, тем более, дросселированием) и может быть рассмотрен как новый и эффективный способ регулирования насосных установок.

Предлагаемый способ регулирования апробирован практически на всех типоразмерах электронасосов ЗЦВ, применяемых на скважинах вертикального дренажа.

Скважинные электронасосы, как правило, выполнены в виде моноблочного агрегата, состоящего из погружного электродвигателя типа ПЭДВ и одно-, двух, - трехступенчатого насоса с рабочими колесами радиального или полуосевого типа. На рис. I представлена схема электронасоса 23ЦВ I2-255-30Г.

Для большинства скважин вертикального дренажа, параметры которых изменяются незначительно, потребность в регулировании возникает не чаще, чем производится замена или ремонт электронасоса. Поэтому регулирование осуществляется только для приведения параметров насоса и скважины.

Устройство для обеспечения регулирования "по малому контуру" может быть выполнено в виде калиброванной сменной втулки (4), запрессованной в основание насоса вместо плавающего кольца щелевого уплотнения (рис. I). Сменная втулка имеет фасонную проточку, направляющую перепускаемый поток по направлению движения жидкости на входе рабочего колеса.

Экспериментальные исследования скважинных электронасосов в одноступенчатом варианте показали, что линия подобных режимов в рабочем диапазоне изменения подач лежит на прямой, соответствующей уравнению $H = KQ$, т.е. при регулировании сбросом по "малому контуру" увеличение регулирующего зазора ведет к пропорциональному уменьшению подачи напора и потребляемой агрегатом мощности. Это видно из универсальной характеристики электронасоса 23ЦВ I2-255-30Г (рис. 2). В частности, при регулировании по "малому контуру" параметров этого насоса до требуемого напора

$H = 18$ м при номинальной подаче $Q_n = 70$ л/с происходит снижение потребляемой мощности на $\Delta N = 5,5$ кВт, т.е. на 16 %. Причем, без доработки корпуса насоса возможно снижение напора при номинальной подаче до $H = 12$ м, а потребляемой мощности на 8 кВт, т.е. на 24 %.

Следует отметить, что при регулировании сбросом по обычной схеме (рис. 2) происходит смещение рабочих характеристик влево на величину перепускаемого расхода ΔQ . При этом характерно первоначальное некоторое увеличение потребляемой мощности по характеристике.

На основании обобщения результатов экспериментальных исследований получены следующие соотношения параметров электронасоса при регулировании сбросом по "малому контуру":

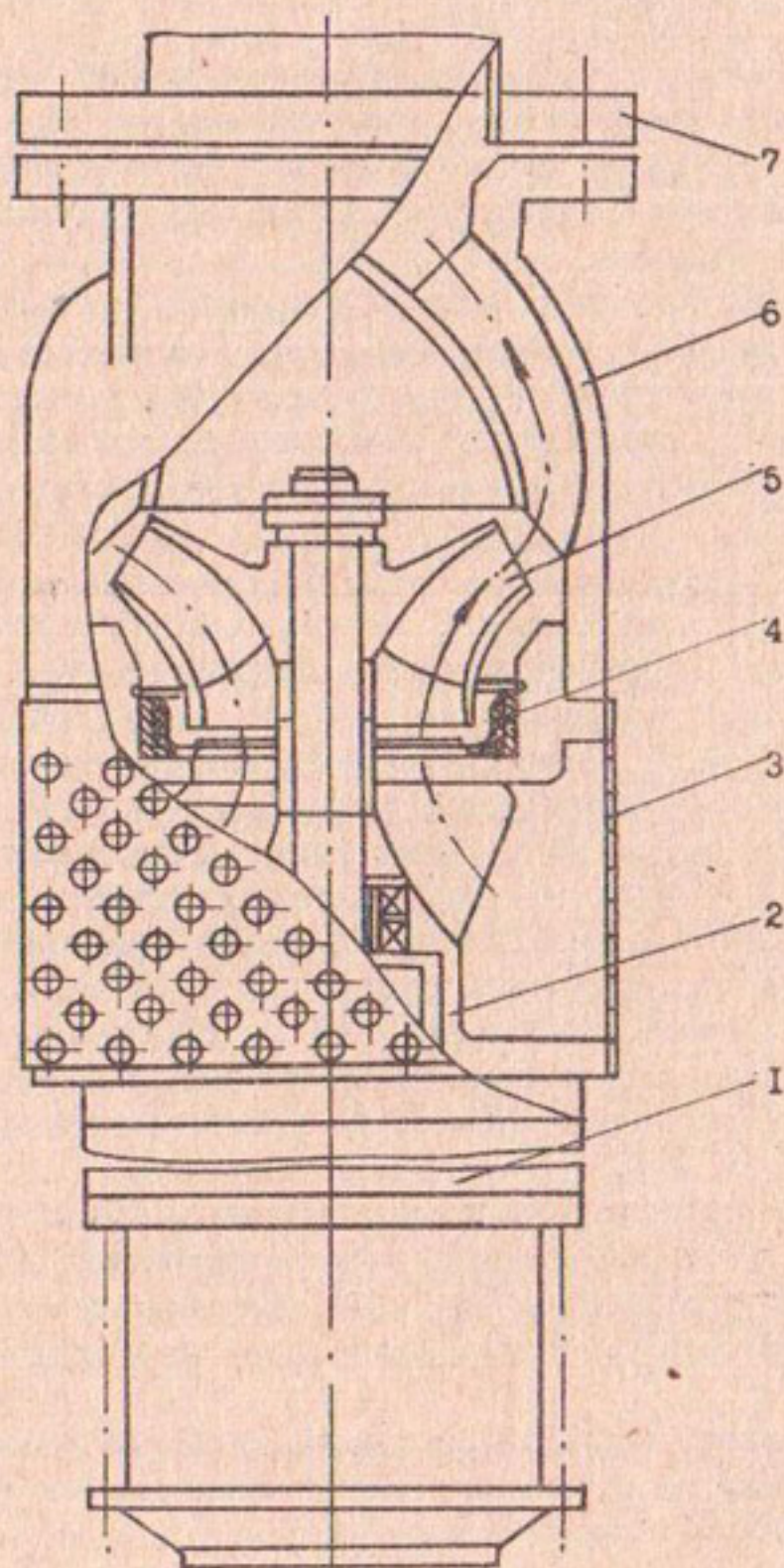


Рис. 1. Электронасос 2ЭВ12-255-30 Г со сменной калиброванной втулкой для приведения в соответствие параметров насоса и скважины.

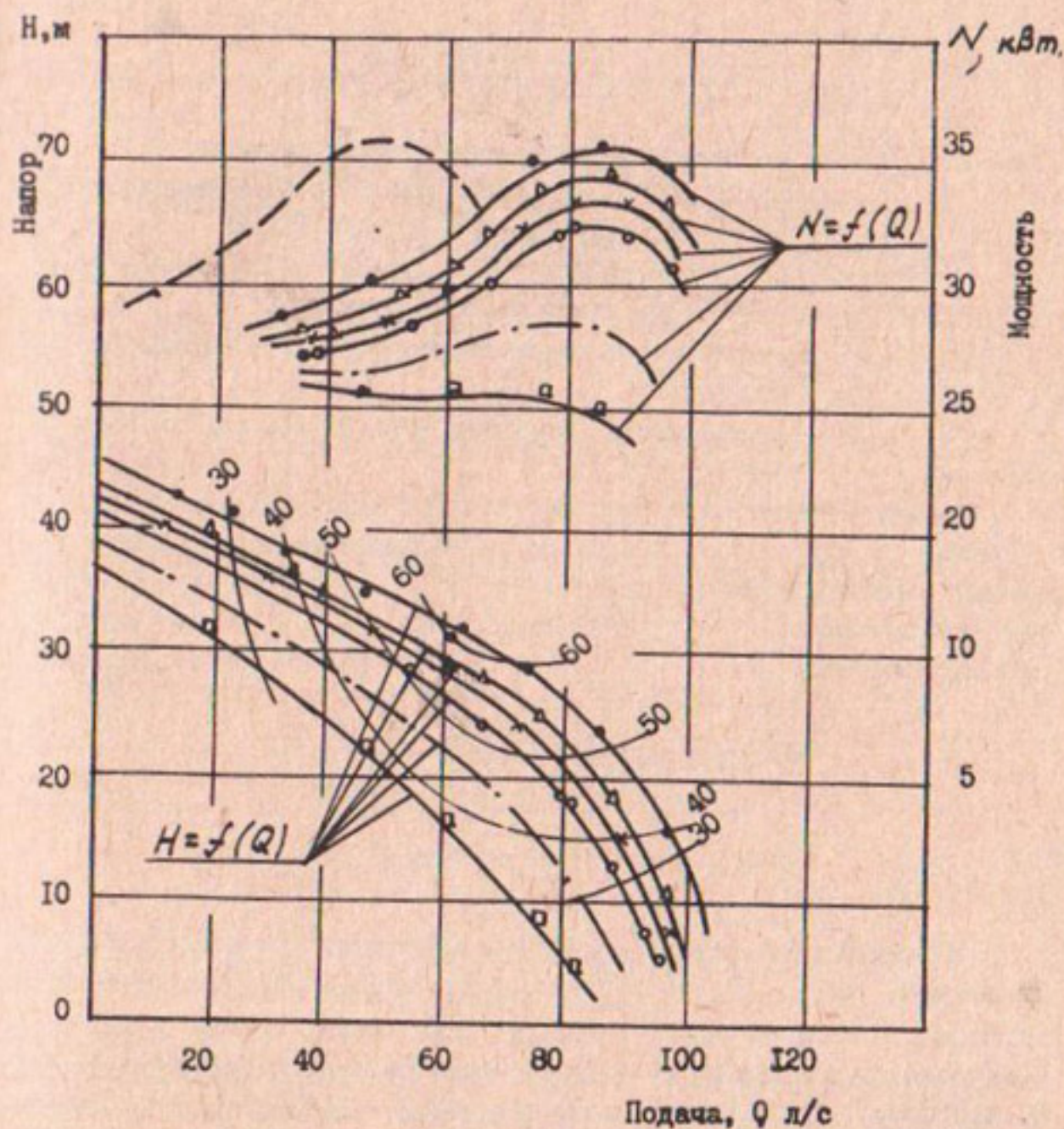


Рис.2. Универсальная характеристика электронасоса 2ЭВ12-255-30Г при регулировании сбросом по "малому контуру":

• — • — радиальный зазор; $\Delta = 0,3$ мм; Δ — $\Delta = 1,5$ мм;
 x — x — $\Delta = 3,0$ мм; o — o — $\Delta = 7,3$ мм; □ — □ — $\Delta = 7,8$ мм —
 верхнее положение колеса; — — — — — расчетная при регули-
 ровании сбросом по обычной схеме; — — — — — расчетная
 при регулировании сбросом по "малому контуру".

$$1 - \varepsilon = \frac{Q'}{Q} = \frac{H'}{H} = \alpha \frac{N'}{N} = \beta \frac{\eta'}{\eta}, \quad (1)$$

где ε - глубина регулирования параметров насоса;
 Q, H, N и η - соответственно, подача, напор, мощность и КПД насоса без сброса;
 Q', H', N' и η' - подача, напор, мощность и КПД насоса при сбросе по "малому контуру";
 α - коэффициент пересчета мощности при сбросе по "малому контуру";
 β - коэффициент пересчета КПД при сбросе по "малому контуру".

Математическая обработка результатов экспериментальных исследований электронасосов позволила установить закономерность изменения поправочных коэффициентов α и β в зависимости от глубины регулирования ε и быстроходности n_s . С достаточной точностью значения α и β могут быть рассчитаны по выражению

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 1 + \frac{1,12 \cdot 10^4 \cdot \varepsilon}{n_s} \\ \beta &= 1 - \frac{1,41 \cdot 10^4 \cdot \varepsilon}{n_s} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

На рис.3 представлена графическая зависимость изменения коэффициентов α и β от глубины регулирования при различной быстроходности, откуда следует, что КПД скважинных насосов с уменьшением быстроходности снижается быстрее, а потребляемая мощность медленнее. В частности, потребляемая мощность ЭЦВ 10-63-65 ($n_s = 140$ мин) при регулировании сбросом по "малому контуру" снижается медленнее, чем насосов большей быстроходности, например ЭЦВ 10-160-15 ($n_s = 261$ мин), при одной и той же глубине регулирования.

Может оказаться, что в определенном диапазоне регулирования для центробежных насосов низкой быстроходности экономически целесообразнее применять дросселирование.

Энергетическая экономичность регулирования сбросом по "малому контуру", простота и надежность устройства для приведенных параметров насоса и скважины позволяют рекомендовать этот способ для

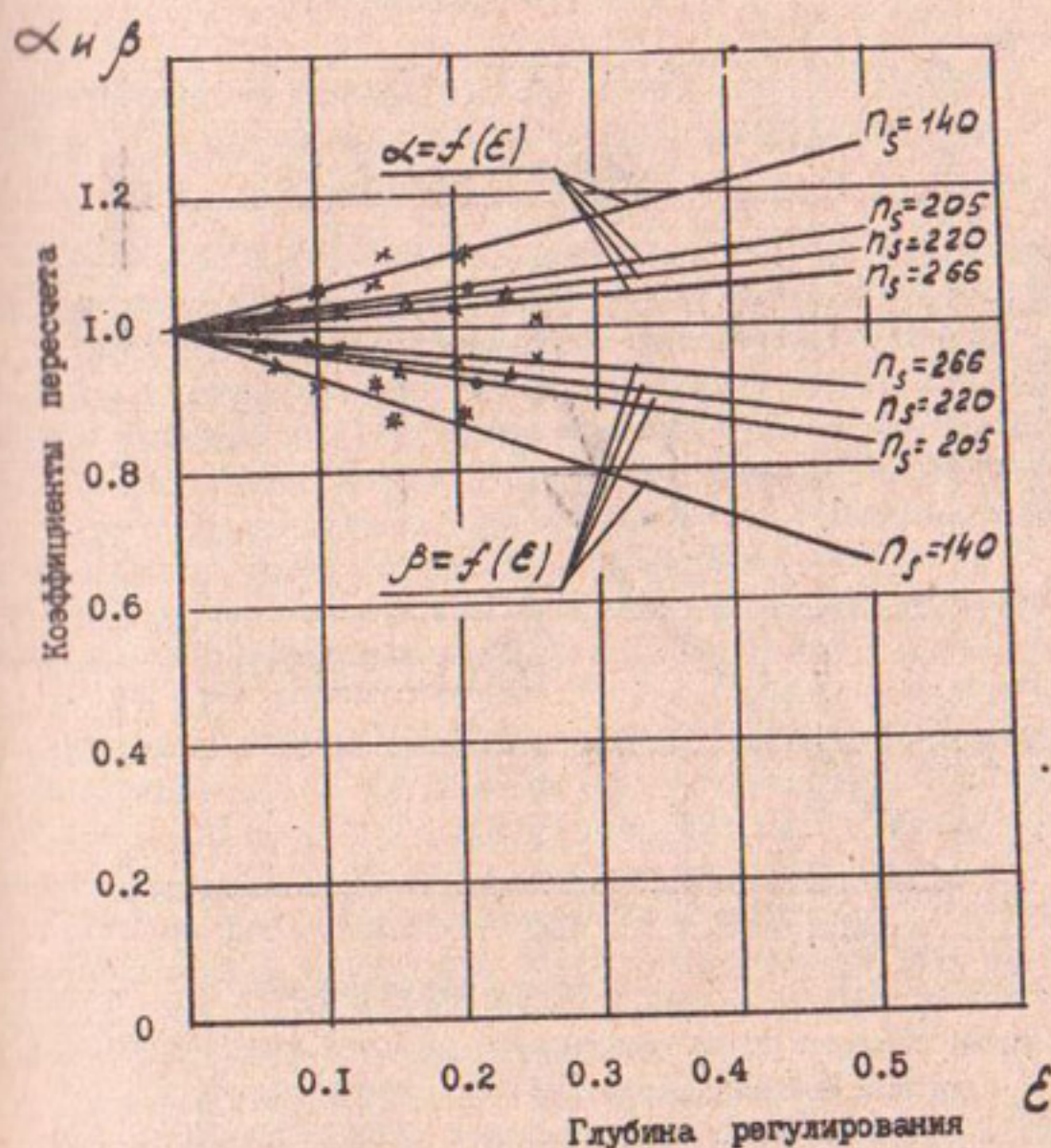


Рис.3. Зависимость изменения коэффициентов пересчета от глубины регулирования.

широкого внедрения на скважинах вертикального дренажа. Для обеспечения регулирования в требуемом диапазоне изменения фактических напоров на скважинах вертикального дренажа необходимо изготовление 4-5-сменных калиброванных втулок (см.рис.1) по каждому типоразмеру электронасосов (см.табл.1). Регулирующие сменные втулки можно устанавливать при проведении профилактических осмотров новых насосов или при ремонтах электронасосов, поступающих на ремонтные базы.

Размер сменной втулки можно выбирать по номограмме (рис.4) в зависимости от глубины регулирования. Необходимо обратить внимание на осевое положение рабочего колеса относительно корпуса, так как

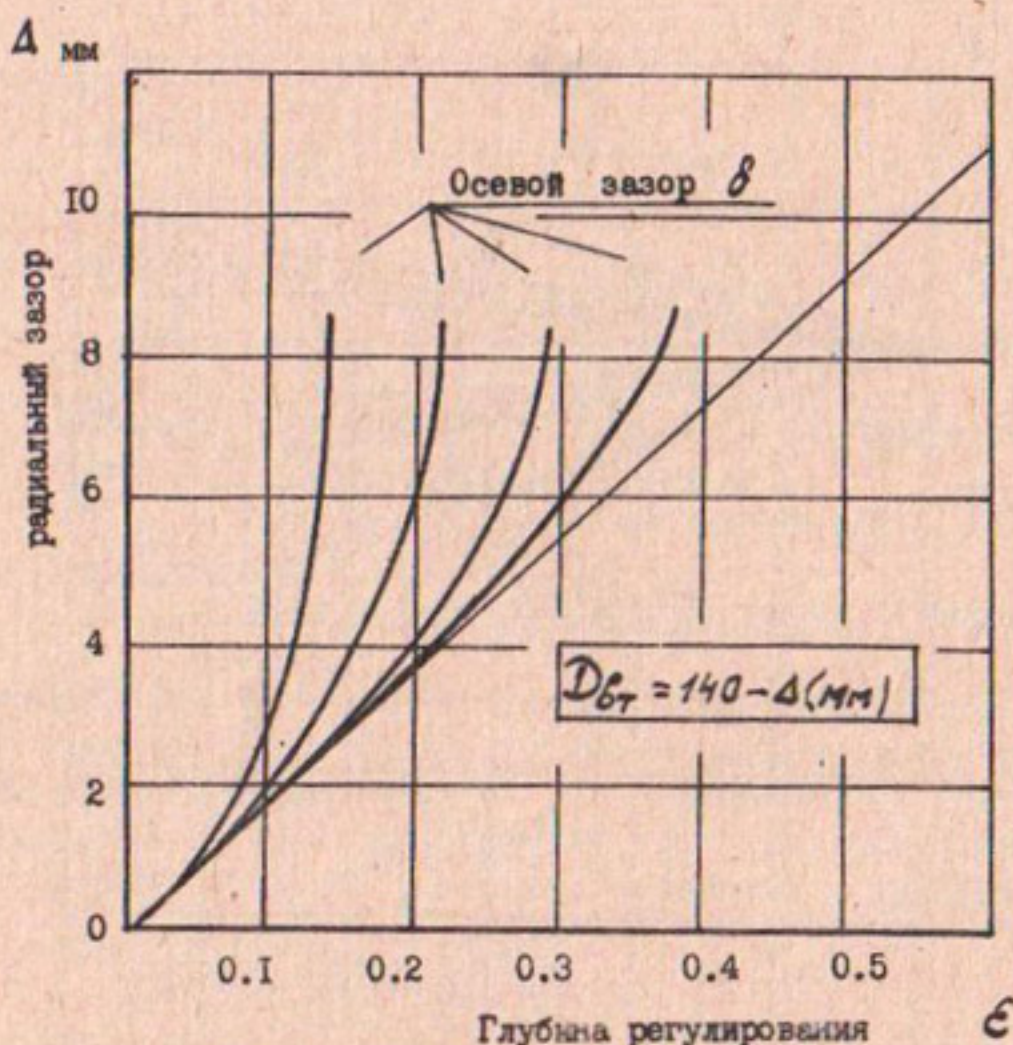


Рис. 4. Номограммы по выбору размера сменной калиброванной втулки осевого зазора между корпусом насоса и колесом для электронасоса 23ИВ12-255-30Г.

при осевых зазорах в корпусе меньше радиальных в сменной втулке возникает дополнительное дросселирование перепускаемого потока.

Список использованной литературы

1. Кузьменко А.А., Белоусов А.Я. Подрезка рабочих колес погружных электронасосов скважины вертикального дренажа. — Ташкент: Механизация хлопководства, 1983, № 4.
2. Ломакин А.А. Центробежные и пропеллерные насосы. — Л.: Машигиз, Ленинградское отделение, 1950.
3. Пфлейдерер К. Лопаточные машины для жидкостей и газов. — М.: 1960.

Р.Х.Икрамов, канд.техн.наук
Н.Гаипназаров
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ОТКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В ЗОНЕ СТАРОГО ОРОШЕНИЯ СЫРДАРЬ-ИНСКОЙ ОБЛАСТИ УЗССР^{х)}

Старая зона орошения расположена на террасах р.Сырдарьи, где преобладают аллювиально-пролювиальные лессовидные суглинки.

Общая протяженность открытого горизонтального дренажа здесь составляет 4088 км, из них междоустьевенного значения - 1238 км, внутрихозяйственного - 2850 км. Удельная протяженность открытой коллекторно-дренажной сети достигает 28 м/га.

Гидромелиоративная система в старой зоне орошения нуждается в комплексной реконструкции. При современном состоянии КДС открытый дренаж остается основным средством мелиорации. Для поддержания КДС в рабочем состоянии ежегодный объем очистных земляных работ составляет 8-9 млн.м³. За XI пятилетку произведена очистка междоустьевенной КДС на 1733 км при объеме земляных работ 20420 тыс.м³, или 12 м³/м. При этом затрачено 3930 тыс.руб., или 2,3 тыс.руб. на 1 км. При очистке 4259 км внутрихозяйственной КДС объем земляных работ составил 19623 тыс.м³.

Эксплуатация междоустьевенной КДС производится Областным производственным управлением водного хозяйства (ОПУВХ) за счет госбюджетных ассигнований. Внутрихозяйственная КДС эксплуатируется за счет средств землепользователя собственными силами или по договорам с водохозяйственными организациями [3].

План ремонтных работ является составной частью плана эксплуатационных мероприятий.

Годовой план междоустьевенной очистки по области устанавливается Минводхозом УзССР. Перечень объектов, подлежащих очистке, назначается по данным визуальных обследований технического состояния КДС на сентябрь. При визуальном осмотре выявляются промоины, обвалы, оползни, зарастание водорослями и камышом.

Отметим, что при включении коллекторов в план очистки не учитываются следующие показатели:

х) Работа выполнена под руководством канд.техн.наук. Х.И.Якубова.

мелиоративное состояние земель, на которых планируется очистка КДС;

отметка горизонтов воды в коллекторе и в водоприемнике, в собирателе и в коллекторе, в дрене и в собирателе, т.е., несмотря на мехочистку, дрена или собиратель остаются в подпоре, и поэтому не происходит свободного стока дренажных вод по дренам;

разница отметок УГВ и горизонта воды в дрене, т.е. действующий напор.

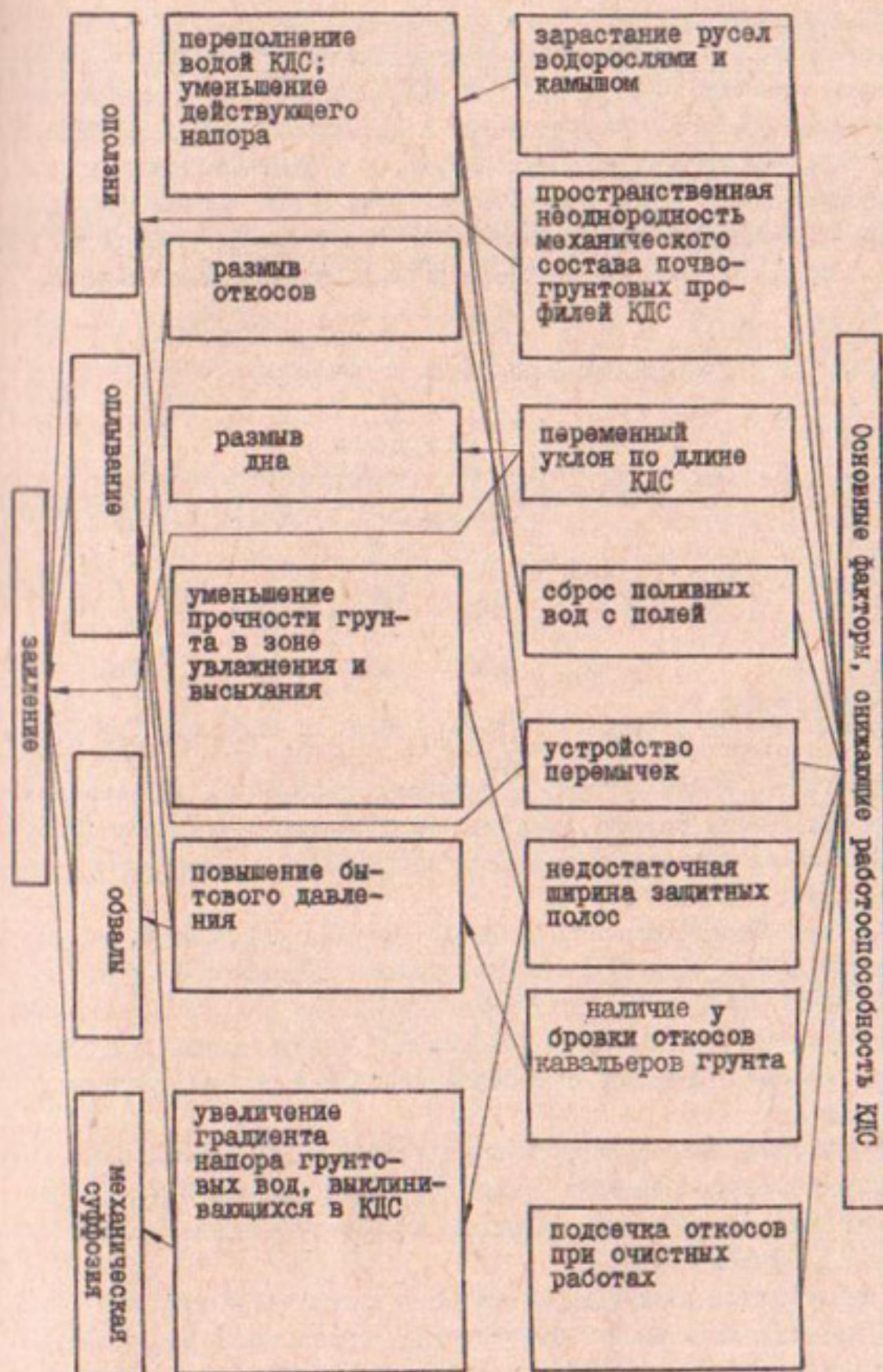
Вместе с тем работоспособность открытой КДС зависят также от многих организационно-технических и природно-хозяйственных факторов (рисунок).

Отсутствие научно обоснованного учета указанных факторов приводит к тому, что зачастую производится очистка тех собирателей и коллекторов, которые в ней не нуждаются, а другие — не очищаются годами.

Недостатком планирования ремонтных работ является и распределение работ в течение года без учета погодных условий и режима работ КДС. По данным ОГМЭ, за последние 5 лет из годового объема ремонтных работ 50–60 % выполнялись в осенне-зимний период, когда выпадает до 30 % годового объема осадков. Кроме того, при проведении промывных поливов и сбросов поливных вод коллекторы заполняются до максимума. Так, максимальные стоки по КДС наблюдаются в январе — феврале, а в годы опоздания с промывными поливами — в марте. В этот же период отмечается близкое залегание уровня грунтовых вод от поверхности земли. После проведения промывных поливов уровень воды в коллекторе резко падает, увеличивается действующий напор и под фильтрационным давлением происходит оползание откосов. По данным ОГМЭ, ежегодно после промывных поливов выходит из строя около 500 км открытой КДС. Все эти факторы снижают эффективность труда и вкладываемых средств. Для достижения высокого качества мехочистки работы следует производить с апреля по ноябрь, а в зимний период — ремонт оросительной сети.

План ремонтных работ по внутрихозяйственной КДС составляется совместно с Областным производственным управлением водного хозяйства и Облагропромом на основании инвентаризации технического состояния КДС.

Согласно действующим нормативным документам землепользователи обязаны предусматривать в производственно-финансовых планах средства на эксплуатацию и ремонт находящейся на балансе внутрихозяйственной КДС / 1 /. Однако в хозяйствах области в производст-



венно-финансовые планы не включаются средства на ремонт КДС. Очистка внутрихозяйственной КДС не оформляется проектно-сметной документацией, выполненная подрядчиком работа оплачивается несвоевременно. Поэтому очистка КДС в хозяйствах области производится неравномерно (табл.1), что приводит к варьированию глубины КДС. Так, по съемкам Узгипроводхоза (1984 г.), в Комсомольском районе средневзвешенная глубина внутрихозяйственной КДС колеблется от 1,93 (с-з "Ленинград") до 2,87 м (с-з "Советабод"); в Гулистанском районе - от 2,18 (к-з "Коммунизм") до 2,66 м (МХП "Ленин Юл").

Т а б л и ц а 1

Очистка внутрихозяйственной КДС по районам

Показатель	Р а й о н				
	:Баяутский:	Вороши-	Гулис-	Комсо-	:Сырдарьинс-
	:ловский:	танс-	:мольский:	кий	
	:	:	:кий	:	:
Протяженность КДС, км	680	680	473	496	608
Очищено за XI пятилетку, км	1044	1168	286	865	896
Кратность очистки за 5 лет	1,5	1,8	0,6	1,8	1,4

Кроме того, в действующих нормативных документах не установлена периодичность текущих ремонтно-восстановительных работ КДС, а также нормативные величины допустимой толщины эиления (потери глубины дрен) / 2 /.

Материалы Сырдарьинского ОПУВХ по фактической очистке междо-хозяйственной КДС в зоне старого орошения за последние 20 лет (1966-1986 гг.) подтверждают мнение Г.З.Чухвадзе и К.П.Щульгиной / 4 / о том, что устойчивость откосов КДС увеличивается с утяжелением междо-состава в почвенно-грунтовой профиле и ростом содержания в нем гипса.

Для обоснования работ по очистке открытой КДС произведена типизация почвенно-грунтовых профилей. По материалам Узгипроводхоза нами были установлены площади с одинаковыми типами почво-грунтовых профилей (табл.2).

По многолетним отчетным данным ОГМЭ и проектной группы ОПУВХ нами была выполнена статистическая обработка данных о междо-очистке междо-хозяйственной КДС и интенсивности эиления (табл.3,4) /5,6,7/.

Т а б л и ц а 2

Районирование старой зоны орошения Сырдарьинской области
по характеристикам почвогрунтовых профилей для обоснования
работ по очистке КДС

Тип почвогрунто- вого профиля (в слое 0-5 м)	Р а й о н					Итого
	Баян- ский	Борж- омский	Гуль- станск.	Комсо- польск.	Сырдарь- инский	
I - слоистое стро- ение облегчаю- щееся книзу	<u>11746</u> 317	<u>6384</u> 90	<u>452</u> 18	<u>12300</u> 395	<u>30882</u> 820	
II - супеси тяжелые, суглинки легкие	<u>27335</u> 655	<u>14087</u> 409	<u>6682</u> 168	<u>8623</u> 301	<u>18274</u> 420	<u>75001</u> 1953
III - суглинки средние	<u>3590</u> 216	<u>4414</u> 110	<u>7875</u> 323	<u>9274</u> 324	<u>1381</u> 24	<u>26536</u> 1009
IV - суглинки сред- ние слабогипси- рованные	-	-	<u>2390</u> 96	<u>268</u> 9	-	<u>2658</u> 105
V - суглинки средние гипсированные	<u>456</u> 26	<u>280</u> 8	<u>1841</u> 36	<u>3732</u> 131	-	<u>6308</u> 201
Всего:	<u>31381</u> 897	<u>30527</u> 853	<u>25172</u> 713	<u>22349</u> 783	<u>31955</u> 842	<u>141384</u> 4088

Примечание: в числителе - площадь, га; в знаменателе -
протяженность КДС, км.

Т а б л и ц а 3

Статистическая характеристика мехочистки межхозяйственной КДС

Тип	Статистическая характеристика					
почвогрун- тового профиля	средне- ариф.	мода	размах	среднеквад. отклонение	диспер- сия	коэфф. вариации
	$\bar{x}$	M_0	R	σ	σ^2	C_v
I	3,3	2,5	9	1,84	3,39	55,7
II	3,0	3,5	9	1,46	2,13	48,6
III	3,7	3,5	8	1,51	2,29	40,8

Примечание: грунты, относящиеся к IV и V типам, встречаются на незначительных площадях, поэтому для статистического анализа не было достаточного материала.

Т а б л и ц а 4

Статистические характеристики интенсивности заиления КДС

Тип	Статистическая характеристика					
почвогрун- тового профиля	среднеариф.	мода	размах	среднеквад.	дисперс.	коэфф. вариации
	$\bar{x}$	M_0	R	σ	σ^2	C_v
	см/год	см/год	см/год			
I	23,64	25	59	14,48	209,54	61,2
II	16,37	15	47	10,32	106,63	63,0
III	15,80	15	36	9,75	94,48	61,7

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; R = x_{\max} - x_{\min}; \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}; C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

где $\bar{x}$ — среднееарифметическое вариационного ряда; n — объем вариационного ряда; x_i — значения случайных величин; $x_{\max}$, $x_{\min}$ — максимальные и минимальные значения случайной величины; R — размах рассеивания; M_0 — мода вариационного ряда, которая представляет собой наиболее часто встречающееся значение случайной величины (определено построением эмпирического полигона частот).

Из табл. 3 и 4 видно, что наиболее часто очистка производится при I типе (2,5 года), где вероятное значение интенсивности заи-

ления - 25 см/год; при II и III типах, наиболее часто встречающихся, - 3,5; среднеарифметическая величина характеристики положения центра рассеивания случайной величины - 3,7 года.

Отметим, что при I и III типах наблюдается закономерность между интенсивностью заиления и частотой очистки.

Несмотря на то, что полученные результаты являются предварительными и требуют уточнения данными полевых исследований, их можно использовать в практике планирования очистки КДС и распределения механизмов.

Для повышения эксплуатационной надежности открытой КДС и улучшения планирования работ по ее очистке необходимо:

1. Сроки и объемы очистки устанавливать исходя из мелиоративного состояния земель и с учетом закономерностей интенсивности заиления открытой КДС при различных почвенно-грунтовых профилях. Для этого необходимо соответствующее районирование, которое также служит основой для распределения очистных механизмов внутри области;

2. Очистку КДС производить с апреля по ноябрь;

3. Внутрихозяйственную КДС передать на баланс водохозяйственных организаций и очистку ее производить на основе проектно-сметной документации;

4. Очистку производить по системе "коллектор-собираатель-дрена", так как при этом можно концентрировать механизмы, улучшить их обслуживание и организацию труда;

5. Строго придерживаться размеров защитных полос согласно типовым сечениям коллекторов;

6. Не допускать сброса оросительных вод и устройства глухих земляных перемычек.

Список использованной литературы

1. Инструкция по эксплуатации коллекторно-дренажной сети. - Ташкент, 1984. - С.8-9.
2. Временное положение о проведении планово-предупредительного ремонта водохозяйственной системы и сооружений. Приказ ММВХ СССР № 2 от 8.01.73 г. - С.3-10.
3. Временное типовое положение о техническом обслуживании внутрихозяйственной мелиоративной сети и сооружений на ней. Приказ ММВХ СССР от 12.01.75 г.
4. Чахвадзе Г.З., Шульгина В.П. Физико-механические свойства грунтов, слагающих откосы коллекторов Голодной степи //

Сб. науч. тр. / Среднеаз. НИИ ирригации. - 1959. - Вып. 98. - С. II-17.

5. Гнеденко Б.В., Хинчин А.Я. Элементарное введение в теорию вероятностей. - М.: Наука, 1976.
6. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. - М.: Колос, 1974. - С. 42-51.
7. Закин Я.Х., Рашидов Н.Р. Основы научного исследования. - Ташкент: Укитувчи, 1979. - 184 с.

И. Ахмедов

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ КОЛМАТАКА В СКВАЖИНАХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Одной из основных причин снижения дебита скважин вертикального дренажа (СВД) и выхода их из строя является колматаж фильтра и призабойной зоны. Для поддержания стабильного дебита и продления срока службы скважин необходимо проводить ремонтно-восстановительные работы, задача которых - осуществление специальных работ по разрушению и удалению колматанта. Периодичность проведения восстановительных работ обуславливается возможностью структурного изменения колматирующих отложений - образованием прочного материала, трудно поддающегося переводу его в растворимое состояние, что влечет за собой снижение дебита скважин.

Изучению химического состава колматанта, образованного в скважинах на воду, посвящен ряд работ / 1, 2, 3 /. Вместе с тем представляет интерес динамика составляющих отдельных химических элементов колматанта в зависимости от его местоположения в скважине и минерализации откачиваемой воды, определяющих выбор и объем мероприятий по его удалению.

Нами была проведена оценка химического состава откачиваемой воды скважинами и колматанта скважин, эксплуатируемых в различных природных условиях. Для анализа колматанта пробы отбирались из фильтровых каркасов, нижней внутренней, постоянно находящейся в воде, части водоподъемной трубы, а также из зоны колебания уровня воды в скважине.

Результаты химического анализа откачиваемой воды показали

(табл. I), что минерализация ее в условиях Сырдарьинской области достигает 15,0 г/л (рассматриваемые скважины). В составе солей преимущественно преобладают ионы SO_4 (7,32 г/л), $Na + K, Cl$ (2,62), Cl (3,71) (пробы из скв. I62) при общей минерализации 14,92 г/л; аналогичное положение наблюдалось на скважинах I40, 94, 88 этого района.

В отдельных скважинах ионы солей имели преимущественно следующую последовательность: SO_4 , Cl , $Na + K$. Количество других элементов повышалось параллельно увеличению общей минерализации, но максимальное их значение не превышало 0,60 г/л.

В скважинах, эксплуатируемых в Ферганской долине, минерализация воды достигала 3,0 г/л. В этих образцах преимущественная доля приходится на ионы SO_4 и HCO_3 . Только в одной пробе (скв. 282) при минерализации 2,381 г/л существенно увеличено содержание иона Ca и уменьшено HCO_3 .

В результате химического анализа твердых проб выяснилось, что кольматант состоит из Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 , CaO , K_2O , MnO , MgO , SiO_2 , TiO_2 , P_2O_5 , Na_2O и кристаллизационной воды ($-H_2O$).

Из табл. 2 видно, что потери веса проб при прокаливании во многих скважинах имеют динамический характер. Так, в образцах, отобранных из скважин I23, I09, I62, диапазон изменений составил, соответственно, 9,56 – 14,60 %, 5,90 – 13,32; 8,48 – 13,74 %.

Во всех образцах соединение железа – основной преобладающий компонент. Максимальное количество его наблюдалось в образце 3 (86,56 %), отобранном из скважины I87 совхоза "Юбилейный", при минерализации воды 10,44 г/л; минимальное – в образцах 3 (скв. I09) и 3 (скв. I23), взятых из скважин в Голодной степи – соответственно, 57,70 и 60,90 %.

Самая высокая минерализация откачиваемой воды наблюдалась в скв. I62 – 14,92 г/л. Причем в этой скважине существенного отличия в содержании соединения Fe_2O_3 по отношению к другим образцам не отмечалось: 71 % (проба I) и 66,20 (проба 2). Количественное изменение соединения Fe_2O_3 наблюдалось в образцах I, 2, 3-скв. I23; 2, 3-скв. I80; I, 2-скв. I62; I, 3-скв. I09 и др. Эти изменения компенсируются за счет увеличения оставшихся соединений в кольматанте.

В кольматанте имеется также значительное количество FeO – до 6,23 % в скважинах Ферганской долины и SiO_2 – до 10,68 %

Т а б л и ц а I

Результаты химического анализа вод, откачиваемых скважинами вертикального дренажа

Номер скв.	Районы нахождения скважин	Сухой остаток, г/л	Анионы			Катионы		
			HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	$Na+K$
88	Гулистанский Сырдарьинской области	3,007	0,189	0,430	1,489	0,320	0,126	0,453
94	То же	3,796	0,213	0,620	1,773	0,190	0,144	0,856
178	То же	2,321	0,213	0,490	0,905	0,130	0,108	0,475
123	Комсомольский Сырдарьинской области	8,554	0,158	2,320	3,323	0,580	0,366	1,807
140	То же	7,715	0,298	1,540	3,517	0,430	0,312	1,678
162	То же	14,916	0,262	2,62	7,324	0,420	0,582	3,708
187	То же	10,440	0,164	2,77	4,130	0,590	0,402	2,384
90	Ташлакский Ферганской области	0,636	0,232	0,032	0,296	0,090	0,048	0,054
10	Ленинградский	0,420	0,149	0,016	0,148	0,056	0,024	0,027
282	Кувинский	2,381	0,048	0,043	1,632	0,420	0,120	0,118
2	Кировский	0,602	0,234	0,036	0,276	0,070	0,066	0,037
3	Кировский	1,072	0,140	0,060	0,582	0,090	0,072	0,128
286	Багдадский	0,336	0,114	0,028	0,148	0,050	0,024	0,029

Результаты химического анализа продуктов коррозии кольматанта скважин
вертикального дренажа

Номер : СКВ. :	Химическое соединение, %												Потери : при про- каливании, %		Σ
	SiO_2	Fe_2O_3	TiO	MnO	P_2O_5	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	H_2O			
Сырдарьинская область															
I23-1	6,32	71,20	0,08	0,22	0,32	н/оо	3,73	1,24	0,67	0,14	3,80	2,30	9,56	99,58	
I23-2	7,56	65,90	0,06	0,21	0,27	н/оо	6,25	1,13	0,71	0,19	5,0	1,82	10,24	99,34	
I23-3	7,10	60,90	н/оо	0,32	0,30	н/оо	8,32	2,68	0,51	0,08	2,35	2,50	14,60	99,66	
I80-2	10,68	62,80	н/оо	0,48	1,34	н/оо	3,73	0,72	0,36	0,08	н/оо	8,68	10,82	99,62	
I80-3	4,90	66,00	0,18	0,25	1,24	н/оо	5,45	0,52	0,36	0,14	1,60	8,06	10,36	100,06	
I87-1	2,24	74,50	н/оо	0,29	0,25	н/оо	6,25	1,75	0,50	0,06	1,80	1,24	10,98	99,89	
I87-2	1,80	78,90	0,06	0,22	0,30	н/оо	4,92	0,30	0,67	0,12	1,15	0,62	10,22	99,46	
I87-3	0,40	86,56	н/оо	0,05	0,11	2,80	3,99	н/оо	0,13	0,45	0,70	0,20	4,40	99,79	
I09-1	2,26	85,0	н/оо	н/оо	0,32	н/оо	1,46	3,30	0,34	0,08	0,80	0,42	5,90	99,88	
I09-3	8,20	57,50	0,04	0,25	0,26	н/оо	10,24	1,65	0,57	0,30	4,80	2,10	13,32	99,53	
94-2	5,24	63,70	0,10	0,28	0,30	н/оо	8,11	2,78	0,51	0,17	2,50	2,0	12,96	99,65	
I62-1	7,16	71,00	0,27	0,38	0,34	н/оо	5,45	0,93	0,51	0,25	2,35	2,22	8,48	99,34	
94-3	4,06	65,40	0,13	0,31	0,28	н/оо	8,65	1,96	0,54	1,17	3,70	1,52	13,20	99,92	
I62-2	8,98	66,20	0,18	0,09	0,26	н/оо	7,32	1,34	0,67	0,29	3,80	2,38	13,74	99,25	
88	10,82	67,40	ол.	0,48	0,57	н/оо	3,33	1,55	0,67	0,08	н/оо	3,76	10,98	99,64	
I40	7,18	60,50	0,06	0,29	0,38	н/оо	8,24	0,83	0,59	0,32	4,80	3,70	13,00	99,89	

Продолжение табл. 2

Но- мер скв.	Химическое соединение, %													Потери:	
	SiO_2	Fe_2O_3	TiO	MnO	P_2O_5	Al_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	$-H_2O$		при про- каливании, %	Σ
Ферганская область															
2	н/оо	78,35	1,65	н/оо	0,08	0,30	3,16	1,57	0,20	0,01	0,03	н/оо	3,06	12,54	100,95
287	2,54	70,40	6,01	н/оо	0,14	0,69	3,16	1,96	0,40	0,03	0,05	н/оо	5,84	9,28	99,50
10	1,42	69,70	4,82	н/оо	0,20	0,40	3,16	3,25	0,80	0,04	0,05	н/оо	1,60	12,06	99,48
90	н/оо	79,00	5,0	сл	0,30	0,46	3,16	1,40	0,72	0,01	0,03	н/оо	1,12	9,36	100,56
282	н/оо	79,77	6,23	н/оо	0,48	0,41	2,86	1,35	0,76	0,01	0,01	н/оо	0,72	7,88	100,48

II2

П р и м е ч а н и е.

Номер скважины и цифры рядом обозначают место взятия проб:

1 - из фильтрового каркаса;

2 - из водоподъемной трубы;

3 - из зоны переменного уровня подземных вод в скважине.

в скважинах Сырдарьинской области. В образцах Ферганской области соединений SiO_2 намного меньше, чем в Голодной степи: лишь 2,54 и 1,42 % в пробах скв. 287 и 10Д. В оставшихся скважинах его наличие не обнаружено, кроме условий Голодной степи, где SiO_2 содержится во всех образцах от 0,40 до 10,68 % веса.

В образцах, отобранных из скважин Ферганской области, наблюдается присутствие оксида алюминия (Al_2O_3) - 3,16 % и лишь в одном образце - из скважин в Голодной степи (образец 3 скв. 187 - 2,80 %).

При высокой минерализации грунтовых вод в скважинах отмечается интенсивное образование CaO : в условиях Голодной степи достигает максимума - 10,24 %, против 3,25 % в Ферганской долине. До 3,30 % встречается соединение магния (MgO).

Для скважин Голодной степи характерно наличие в составе колыманта SO_2 - одного из факторов, препятствующих надежной работе фильтрового каркаса.

Таким образом, из представленного материала видно, что преобладающим элементом колыманта скважин является соединение железа, что необходимо учитывать при выборе мероприятий по его удалению.

Вопросы формирования элементов колыманта требуют дальнейших исследований.

Список использованной литературы

1. Алексеев В.С., Гребенников В.Т. Восстановление дебита водозаборных скважин. - М.: Агропромиздат, 1987. - 239 с.
2. Милихикер А.Г. Осадкообразование в скважинах водопонижения. - М.: Энергия, 1971. - 103 с.
3. Джалилова Т. Изучение колыматации фильтров и прифильтровых зон скважин вертикального дренажа и рекомендации по восстановлению их дебита: Автореф. дисс.... канд. наук. - 1986, 23 с.

И.Ахмедов
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СКВАЖИНАХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА^{*)}

Для поддержания или восстановления дебитов водозаборных скважин существуют механический, физический и химический способы [1,2]. Они широко применяются на водозаборных скважинах гумидной зоны СССР и за рубежом. Однако эффективность применения этих способов в существующем виде на скважинах вертикального дренажа, отличающихся от скважин гумидной зоны конструкцией, химическим составом откачиваемой воды и режимом эксплуатации, не очевидна и требует дополнительного обоснования.

В настоящее время многие скважины вертикального дренажа работают при сниженных дебитах, причины которых кроются в зарастании, заиливании и других видах колыматажа, происходящего в фильтре и прифилтровой зоне скважины / 3,4 /. Это явление наблюдается почти во всех регионах, где применяется вертикальный дренаж. Для восстановления дебитов скважин в нашей республике ремонтно-восстановительные работы организованы в недостаточной степени и пока нет нормативных документов для их обоснования.

Исследования, проведенные САНИИРИ на скважинах Пахтааральского района КазССР, показали, что в данном регионе возможно применение торпедирования / 5 / и химического реагента / 6 /. Вместе с тем ряд особенностей образования колыматажа говорит о том, что механический способ сам по себе является мощным средством восстановления дебитов. Однако выявленные недостатки позволяют считать, что существуют резервы повышения его эффективности.

Из механических способов очистки скважин от зарастания наиболее широко применяется "ерш" / 2 /. При обработке фильтра скважины таким способом остатки колыматанта остаются в скважине и для удаления их необходимо производить эрлифтную прокачку.

Более совершенная конструкция "ерша" с улавливателем нацелена на одновременный захват разрушенных продуктов колыматажа / 2 /. Однако при наличии песчаных пробок или заиливания требуется предварительная очистка ствола скважины эрлифтом в течение 2-3 сут.

Работа выполнена под руководством канд.техн.наук Х.И.Якубова

Таким образом, указанные способы не позволяют совмещать обработку "ершом" с эрлифтной прокачкой.

С целью изучения эффективности ремонтно-восстановительных работ по повышению дебитов скважин в 1986 г. на скважинах вертикального дренажа Сырдарьинской области проведены опытно-испытательные работы различных механических устройств.

Механический "ерш" был применен для очистки фильтров скважин № 140 (совхоз "Москва"), № 94 (колхоз им. Ленина), № 94 (совхоз "Юбилейный") и др.

Скважина № 140 построена в 1976 г. К моменту проведения исследований фильтр был заилен на высоту 10 м, работало лишь 7 м от общей длины. Благодаря очистке ствола скважина восстановлена до 44 м – почти полностью, удельный дебит увеличился в 2,13 раза и составлял 1,43 л/с·м (табл.1).

В процессе эксплуатации скв. № 94 дебит снизился с 70 до 56 л/с, а удельный дебит с 10,9 до 3,5 л/с·м, т.е. в 3,1 раза. После восстановления глубины скважины и обработки "ершом" дебит повысился до 58 л/с, а удельный – до 5,18 л/с·м (табл.2).

При проведении ремонтно-восстановительных работ механическим "ершом" необходимо пользоваться технологической картой очистки скважин (рисунок). Технологическая карта составлена на основании натурных испытаний и детального изучения циклов выполнения ремонтно-восстановительных работ.

Помимо "ершей" описанных конструкций изучалась технико-экономическая эффективность применения шарошечного устройства.

Шарошечное устройство для обработки фильтрового каркаса скважины разработано в Гулистанской СПМК РПО "Узводремстройэксплуатация" и представляет собой трубчатое долото, в верхней части глухое; по стене долота установлены "шарошки", оказывающие давление на стенки фильтрового каркаса, а с помощью зубов "шпорошек" можно воздействовать на твердые продукты колыматажа, попадающие со стен и частично из глубин перфораций фильтрового каркаса скважины.

Шарошечное устройство применяется по следующей технологической схеме. После демонтажа внутрискважинного оборудования и очистки ствола фильтрового каркаса шарошечное устройство мон-

Технологическая карта производства ремонтно-восстановительных работ
механическим способом в скважинах вертикального дренажа

Наименование циклов	Время с начала работы, ч																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Подготовительные работы	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Демонтаж внутрискважинного оборудования	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Монтаж буровой колонны	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Очистка скважины от заиления	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Демонтаж буровой колонны	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Монтаж механических устройств (ерш, шарошки, долото-ерш)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Обработка скважины механическими устройствами	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Демонтаж механических устройств	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Эрлифтная откачка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Монтаж внутрискважинного оборудования	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

— механический ерш
— шарошечное устройство
— долото-ерш

Т а б л и ц а 2

Сравнительные результаты ремонтно-восстановительных работ по повышению дебитов скважин вертикального дренажа

Номер скважины	Способ обработки	Год ввода скважины в эксплуатацию	Удельный дебит, л/с.м	Коэффициент			Повышение		
				в период эксплуатации	в период эксплуатации	в период эксплуатации	к первоначальным	к первоначальным	к первоначальным
				исходный	после ремонта	после ремонта	снижения	повышения	по видам
				таши	очк	очк	нз	дебиту, %	обработ-ки, %
140	Механический "ерш"	1976	10	2,67	0,67	1,43	3,98	2,13	54
94	" "	1968	18	10,40	3,50	5,18	2,97	1,48	50
162	Шарошечное устройство	1979	7	2,00	0,80	1,47	2,50	1,83	73
187	" "	1979	7	5,32	2,10	2,93	1,40	1,40	55
123	" "	1965	21	3,50	0,30	1,36	11,67	2,13	39
123	Предлагаемый "ерш"	1972	15	5,02	0,69	3,14	7,27	4,55	53
119		1969	18	7,94	2,05	5,48	3,87	2,67	69
29*		1966	21	10,10	4,03	4,94	2,51	1,23	49
36		1970	17	3,75	0,91	2,85	4,12	3,12	76
60		1975	12	3,90	0,94	3,08	4,15	3,25	79

67,2
(71,75) %

* В скв. № 29 обнаружен обрыв колонны на глубине 39 м.

Данные без учета повышения коэффициента в скв. № 29.

тируется с буровой колонкой бурового агрегата марки ФА-12, затем опускается в скважину. После этого начинается обработка фильтрового каркаса разбуриванием со скоростью прохода до 8 м/ч по глубине скважины и обратно. По окончании обработки фильтра демонтируется буровая колонка и производится эрлифтная прокачка. Подробно технологический процесс представлен на технологической карте (рисунок).

Шарошечное устройство применялось на скважинах № 162, 187, 123 и других в Комсомольском районе Сырдарьинской области.

Скважина № 162 построена в 1979 г. на территории совхоза "Юбилейный". Проектная глубина ее 48 м; оборудована фильтром длиной 11 м, диаметром 426 мм; скважность фильтрового каркаса - 18-20 %; нижняя часть фильтра занесена наносами (песок и др.) высотой до 9,5 м. До очистки фильтра от заиливания работало лишь 14 % от его длины, а после эрлифтной очистки длина фильтра восстановлена до возможной, интервал установки фильтра очищен полностью, т.е. глубина скважины доведена до 42,5 м. Работы по очистке приостановлены на этой глубине в связи с невозможностью дальнейшего прохода эрлифтом (табл.1).

После очистки "шарошкой" дебит скважины увеличился с 18 до 18,3 л/с, удельный дебит - с 0,80 до 1,47 л/с·м, т.е. в 1,8 раза, что составляет 73 % от первоначального удельного дебита.

Скважина № 187 построена на территории этого же совхоза в 1979 г. Скважина оборудована фильтром марки СА-10 ФПІ драгобычского типа, скважность 20 %. Благодаря очистке удельный дебит восстановлен на 61 %, т.е. достиг 2,93 л/с·м.

До восстановительной работы, т.е. на 10.04.1986 г. в скважине №123 наблюдалось самоотключение насоса из-за нехватки воды для минимальной его мощности.

После завершения ремонтно-восстановительной работы удельный дебит скважины № 123 увеличился на 1,36 л/с, что составило 39 % от исходного удельного дебита (табл.2).

Из технологической карты, составленной на основе натурных испытаний, видно, что при проведении ремонтно-восстановительных работ существующими механическими устройствами наблюдаются многоцикличность, трудоемкость выполнения отдельных циклов и их продолжительность по времени, а также относительно низкая эффективность по восстановлению дебитов.

С целью устранения отмеченных недостатков в САНИИРИ предложен и изготовлен опытный образец "долота-ерша" новой конструкции. Предлагаемый "ерш" испытывали на скважинах вертикального дренажа в Глистанском и Комсомольском районах Сирдарьинской области.

Контрольно-измерительные работы и хронометрические наблюдения показывают, что в скважине № 123 (совхоз "Птицефабрика") на подготовительные работы затрачено 150 мин., на демонтаж внутрискважинного оборудования — 50 мин., на монтаж буровой колонны и "ерша", опускание их до верхнего уровня фильтра — 90 мин., на полную обработку (прямую и обратную) фильтрового каркаса и очистку от заиления — 325 мин., на самостоятельную эрлифтную откачку — 210 мин., на демонтаж буровой колонны и устройства и на монтаж внутрискважинного оборудования — по 70 мин. Всего на полную очистку было затрачено 1010 мин. Подобные наблюдения велись в скважинах № 119 и 29 в Гулистанском и № 36, 57 и 60 в Комсомольском районах. На основании данных наблюдений составлена технологическая карта производства ремонтно-восстановительных работ (рисунок).

Замеры глубин, проведенные до и после очистки, показывают, что скважины в процессе эксплуатации были заилены в разной степени. Так, в скважине № 123 высота заиления составила 9,0 м, в скважине № 119 — 2,5 м, в скважине № 36 — 4,0 м. Очистка позволила восстановить скважины полностью (табл. 2). В результате очистки стволов скважин от заиления и обработки фильтровых каркасов "ершом" их дебиты и удельные дебиты изменились. Например, в скв. № 123 он составил 0,69 л/с·м, т.е. в течение 15 лет эксплуатации удельный дебит снизился в 4,55 раза, а после проведения ремонтно-восстановительной работы удельный дебит повысился до 4,55 л/с·м, то есть по отношению к первоначальному удельному дебиту это составило 63 %.

Скважина № 119 эксплуатируется с 1969 г. Ее удельный дебит снизился с 7,94 до 2,05 л/с·м, т.е. в 3,9 раза. В результате проведения ремонтно-восстановительных работ длина фильтра восстановлена и удельный дебит повысился на 5,48 л/с·м. Коэффициент повышения по удельному дебиту составил 2,7 (табл. 1 и 2).

В ы в о д ы

1. Применение механических устройств для очистки фильтрового каркаса скважин вертикального дренажа позволяет увеличить их дебиты.

2. Разработанный в САНИИРИ "ерш" для очистки фильтра позволяет сократить общую продолжительность работ в 4,5-5 раз за счет совмещения промежуточных циклов. При этом повышение дебитов и удельных дебитов скважин составляет 70 %, что на 15-18 % больше, чем при ремонтно-восстановительных работах обычным "ершом" или шарошечным устройством.

Список использованной литературы

1. Гаврилко В.М. Фильтры водозаборных, водопонижительных и гидрогеологических скважин. - М., 1968. - С.339-350.
2. Киселев О.К. Повышение срока эксплуатации водозаборных скважин. - М., 1975. - С.136-138.
3. Джалилова Т. Исследование колыматации фильтров и прифильтровых зон скважин вертикального дренажа и рекомендации по восстановлению их дебита. Дисс....канд.техн.наук. - Ташкент, 1986. - 223 с.
4. Якубов Х.И., Ахмедов И. Физико-химические аспекты формирования процессов коррозии и колыматажа в скважинах. Деп. указатель. Мелиорация и водное хозяйство. № 10. ЦЕНТИ. ММВХ СССР. М., 1985.
5. Фатрахманов Р.А., Якубов Х.И. К вопросу надежности скважин вертикального дренажа на примере Джетисайского управления эксплуатации вертикального дренажа (ДУЗВД)//Сб.науч.тр./Среднеаз.НИИирригации. - 1981. - Вып.163. - С.65-73.
6. Абиров А. Методы очистки дренажа от заиления и колыматации // Тезисы докл.республ.научн.-техн.конф. по совершенствованию технической эксплуатации каналов оросительных систем. - Ташкент, 1984. - С.10 -109.

Ю.К.Гриднева
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА СИСТЕМАХ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Техническая эксплуатация коллекторно-дренажных систем на современном уровне направлена на создание условий для регулирования водно-солевого, теплового и воздушного режимов почвогрунтов с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур при наиболее эффективном использовании водных и земельных ресурсов. Это может быть достигнуто поддержанием в работоспособном состоянии открытой и закрытой коллекторно-дренажной сети и сооружений на ней, своевременным выполнением на системах необходимых ремонтно-восстановительных и профилактических работ. Объем и виды ремонтно-эксплуатационных работ устанавливаются, исходя из данных инвентаризации систем и оценки создавшейся мелиоративной обстановки, основываясь на проектных данных, проверенных в процессе эксплуатации. Необходимость такой проверки связана с рядом причин, выявленных на примере освоения земель новой зоны Голодной степи / 1 /.

1. Усреднение расчетных показателей в проектах, что в сложных гидрогеолого-мелиоративных условиях не всегда оправдано. Например, полевые исследования, проведенные Средазгипровод-хлопком, САНИИРИ, ВНИИГМ, показали, что усредненные значения коэффициентов фильтрации в 5-20 раз отличаются от их значений для конкретных точек и слоев.

2. Изменение установленных норм. Так, режим орошения для новой зоны освоения Голодной степи проверенный опытным путем, оказался увеличенным в 1,5 раза, что вызвало необходимость проведения дополнительных работ по увеличению пропускной способности уже построенных оросительных систем;

3. Ошибки в прогнозировании темпов подъема уровня грунтовых вод при орошении.

Кроме того, существенное влияние на формирование режима грунтовых вод оказывает рельеф местности и дренирующее действие коллекторов / 3,4 /, что приводит к неравномерной дренированности территории.

В связи с изложенным встает вопрос об объеме восстанавливаемого дренажа. Можно выделить наиболее характерные виды

отказов систематического закрытого горизонтального дренажа:

групповой выход из строя дрен при полностью закупоренном сечении (заиление, зарастание);

снижение дренажного стока из-за частичного заиления сечения трубы или кольматации фильтра;

влияние подпора со стороны коллектора на параллельно расположенные дренажи. Расчет эксплуатационных мероприятий производим согласно указанным выше пунктам.

На рис. 1а показана схема к расчету объема восстанавливаемого закрытого горизонтального дренажа с групповым выходом из строя дрен при полностью заиленном или заросшем сечении. Для упрощения решения задачи взяты две рядом расположенные дренажи (на рисунке показаны пунктиром).

Предлагаемая схема расчета основана на методе фильтрационных сопротивлений / 2,4 /. Для вывода основных зависимостей ограничим фильтрационный поток слева серединой между неработающими дренажами, справа — между работающими. В расчете принято: дренажи заложены на одном уровне и на одинаковом расстоянии друг от друга, фильтрационное сопротивление потоку у всех дрен одинаковое. Исходя из того, что выход из строя даже одной дренажи приводит к дополнительной нагрузке на работающие дренажи, то есть увеличению действующего напора при одинаковой водопримной способности, считаем направление потока в выделенном фрагменте от неработающего участка к работающему.

Плоскость сравнения задаем на уровне воды в дренах, то есть принимаем напор в дренах H_g равным нулю.

Связывая напоры на линии дрен с их удельными расходами через сопротивление на несовершенство, а также с удельными расходами потока на линиях дренажа (вверх и вниз по потоку), из условий баланса потока получим систему уравнений, при решении которой найдем значения напоров на линии дренажа:

$$H_1 = A \left[\frac{WL}{2T} (2L_1 + L) + H_2 \right]; A = \frac{L_{\text{вз}}}{L_{\text{вз}} + L}; \quad (1)$$

$$H_2 = B \left[\frac{WL^2}{T} + (H_1 + H_3) \right]; \quad (2)$$

$$H_3 = A \left(\frac{WL^2}{T} + H_2 \right); B = \frac{L_{\text{вз}}}{2L_{\text{вз}} + L}, \quad (3)$$

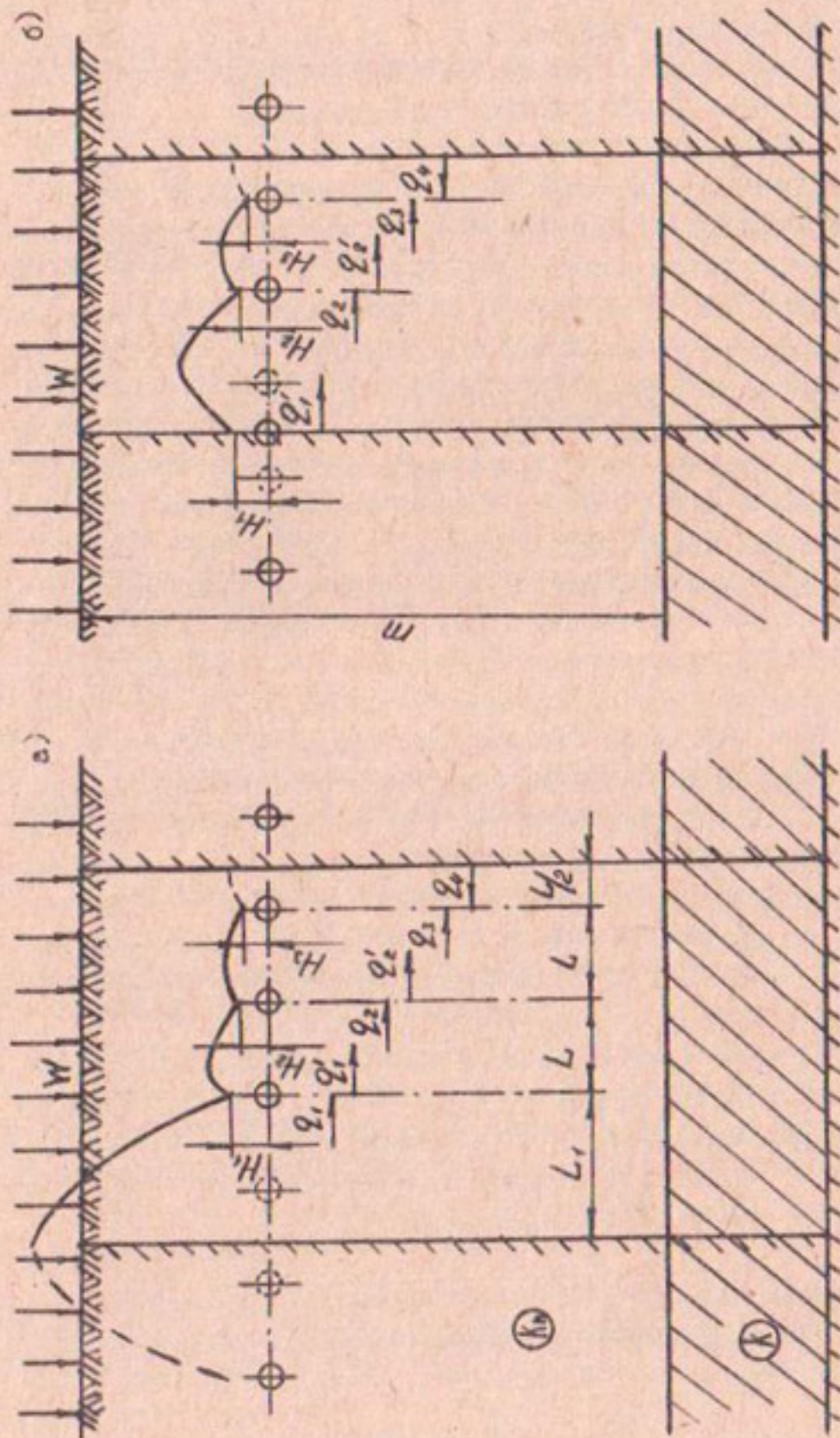


Рис. I. Схема к расчету уровня грунтовых вод на участке неработающего дренажа:

а) - без дополнительной дрены; б) - с дополнительной дренажной.

где H_1 , H_2 , H_3 - соответственно напоры на линиях
1; 2 и 3-й дрены, м;

L_{nj} - фильтрационное сопротивление потоку;
рассчитывается по формулам, приведенным
в /2/ для линейного дренажа в однород-
ной и двухслойной однопластовой системе,
м;

W - инфильтрационное питание, м/сут;

L - расстояние между горизонтальными дрена-
ми, м;

L_1 - расстояние от левой границы фрагмента
до первой работающей дрены, м;

T - проводимость водоносного пласта, м²/сут.

Влияние неработающего дренажа на уровень грунтовых вод на
соседних участках определяем по действующим на линиях дрен на-
порам. Если $H_{i-1} - H_i < 10$ см, считаем, что неработающий участок
не оказывает влияния на i -ю дрена, и расчет прекращаем.

Далее определяем объем восстанавливаемого или реконструируе-
мого дренажа. Расчет производим по аналогичной схеме с добавле-
нием на этом участке одной дрены (см.рис. 1б). Левая граница
фрагмента проходит по дополнительной дрене. Весь расчет сводится
к подбору необходимого количества дрен на неработающем участке
с целью создания требуемого понижения уровня грунтовых вод.
Решив систему уравнений, рассчитанных по той же методике
(см.рис. 1а), получим:

$$H_1 = B \left(\frac{WL_1}{T} + 2H_2 \right); \quad B = \frac{L_{nj}}{L_1 + 2L_{nj}}; \quad (4)$$

$$H_2 = C \left[\frac{WL_2L}{2T} (L_1 + L) + H_1L + H_3L_1 \right]; \quad (5)$$

где

$$C = \frac{L_{nj}}{L_1L + L_{nj}L + L_{nj}L_1};$$

$$H_3 = A \left(\frac{WL_3}{T} + H_2 \right). \quad (6)$$

Если количество дрен, полученное расчетным путем, соответ-
ствует количеству неработающих, то производится их восстанов-
ление (промывка, очистка колодцев, восстановление отдельных
участков). Если же по расчету требуется меньшее количество

дрен, то целесообразней произвести реконструкцию участка, то есть проложить новые дрены без восстановления старых. Правильность такого решения подтверждается расчетом водно-солевого прогноза, а также экономическим обоснованием.

На рис.2 представлена схема участка систематического закрытого горизонтального дренажа, на котором часть дрен работает со сниженным расходом. Расчет уровня грунтовых вод проводим также по методу фильтрационных сопротивлений, но в отличие от расчета по рис.1а,б плоскость сравнения принимаем не на уровне воды в дренах, так как напор над дренай, работающей с неполным сечением, выше, чем над дренами, находящимися в исправном состоянии, то есть

$$H_{21} = H_{22} = H_2 ; H_{21} > H_2 .$$

Фильтрационные сопротивления при этом будут равны

$$L_{22(1)} = L_{22(2)} = L_{22} ; L_{22(1)} > L_{22} .$$

Решив систему уравнений, найдем напоры на линии дрен:

$$H'_1 = A' \left[\frac{WL^2 L_{22(1)}}{T} + H_2 L + H''_1 L_{22(1)} \right] ; \quad (7)$$

$$H''_1 = B' \left[\frac{WL^2 L_{22}}{T} + H_2 L + L_{22} (H'_1 + H''_1) \right] ; \quad (8)$$

$$H''_1 = A'' \left(\frac{WL^2 L_{22}}{T} + H_2 L + H'_1 L_{22} \right) ; \quad (9)$$

$$A' = \frac{1}{L_{22(1)} + L} ; \quad B' = \frac{1}{L + 2L_{22}} ; \quad A'' = \frac{1}{L_{22} + L} .$$

Расчет объемов восстанавливаемого дренажа аналогичен расчету по схеме на рис.1б, с учетом указанных выше изменений.

На рис.3а показано влияние подпора воды в коллекторе на расположенные рядом с ним дрены. Как видно из рисунка, фильтрационный поток направлен от коллектора к дренам. Ниже приводятся расчетные формулы для определения напоров на линиях дрен и коллектора при прохождении плоскости сравнения по дну коллектора;

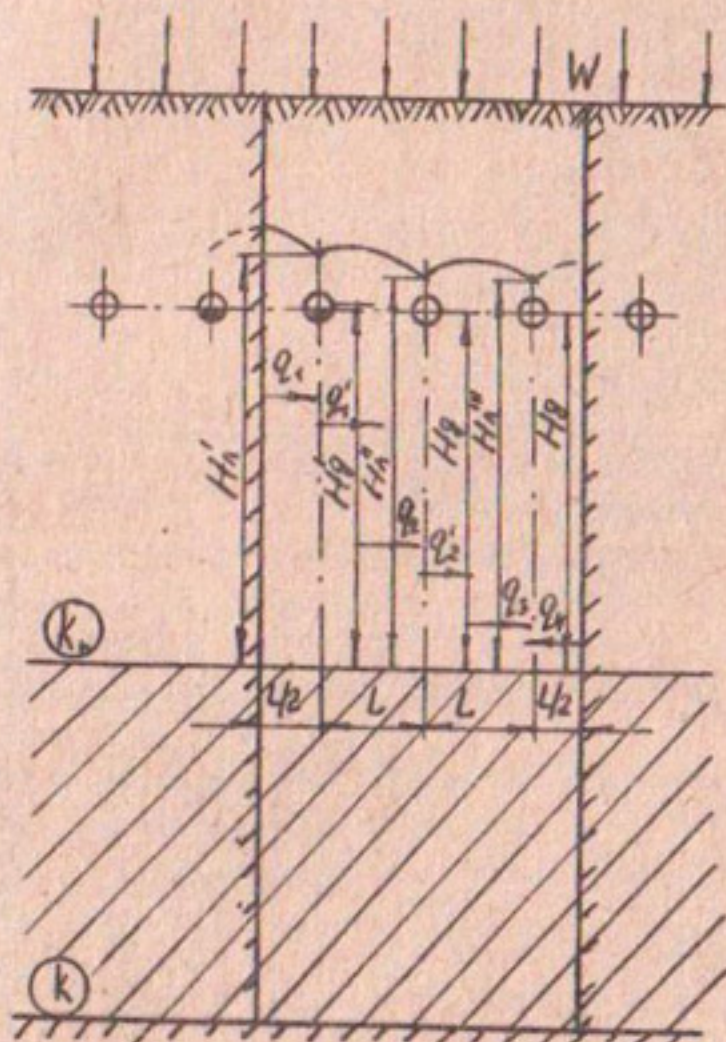


Рис.2. Схема к расчету уровня грунтовых вод на участке горизонтального дренажа со сниженным расходом.

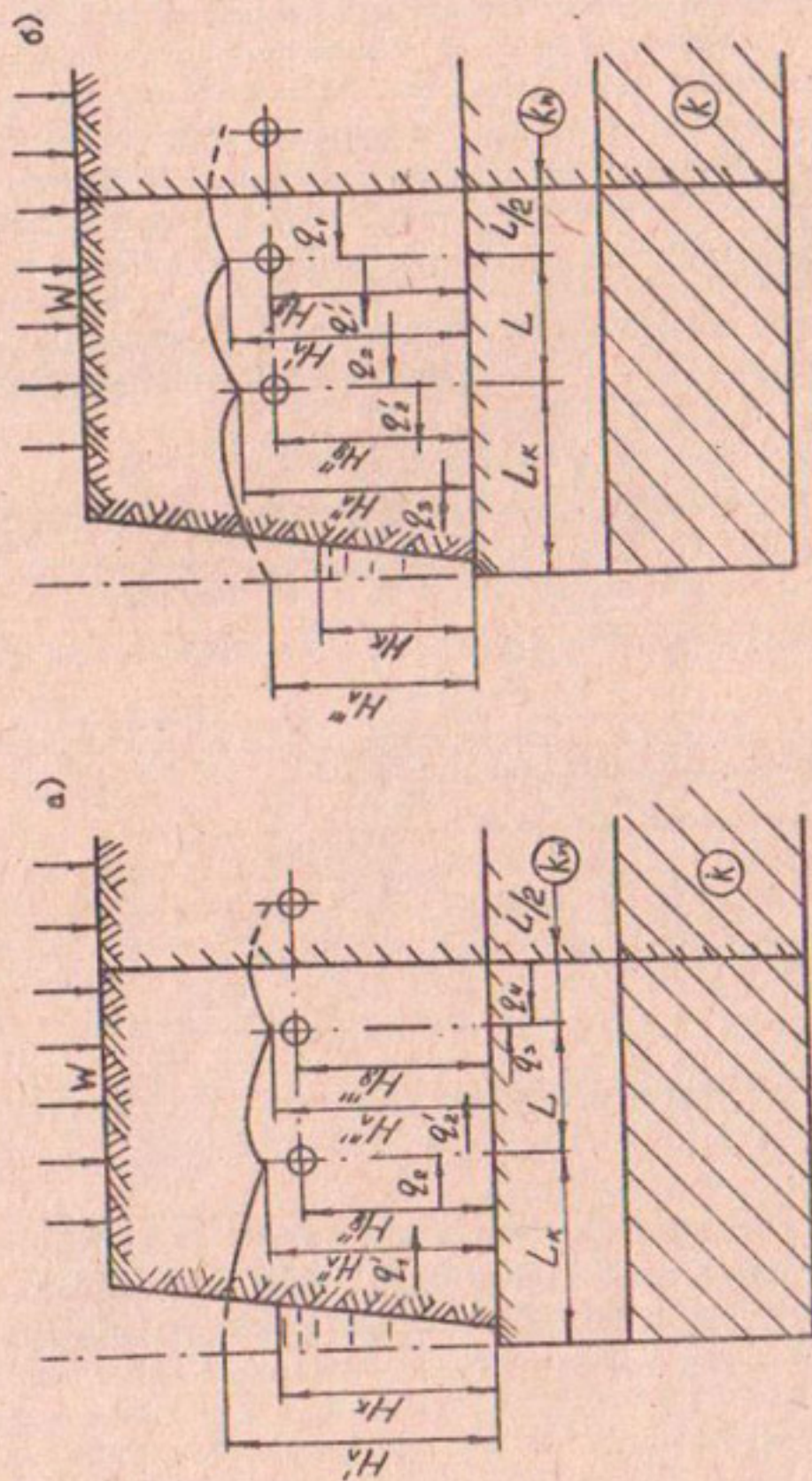


Рис.3. Схема к расчету влияния подпора воды в коллекторе на соседние с ним дренажи:
а) — при подпоре; б) — при нормальной работе коллектора.

$$H'_i = B \left(\frac{WL^2}{T} + 2H_i'' \right) + \frac{H_k L_k}{L_k + 2L_{кз(к)}} \quad (10)$$

$$H''_i = C' \left[\frac{W(L_k + L)LL_k}{2T} + H'_i L + H''_i L_{кз} \right] + \frac{H_g L_k L}{L_k L + L_{кз} L + L_{кз} L_k} \quad (11)$$

$$H'''_i = A \left(\frac{WL^2}{T} + H_i'' \right) + \frac{H_g L}{L + L_{кз}} \quad (12)$$

$$B = \frac{L_{кз(к)}}{2L_{кз(к)} L_k} ; \quad C' = \frac{L_{кз}}{L_k L + L_{кз} L + L_{кз} L_k}$$

где H'_i , H''_i , H'''_i — соответственно, напоры на линиях коллектора и дрен, м;
 H_k , H_g , H_g'' — соответственно, напоры в коллекторе и дренах, м;
 L_k — расстояние от оси коллектора до соседней с ним дрены, м.

Для устранения влияния подпора в коллекторе на дренаж необходимо привести уровень воды в коллекторе в соответствие со схемой, показанной на рис. 36.

При расчете принимаем направление движения фильтрационного потока от дрен к коллектору.

Формулы расчета напоров на линиях коллектора и дрен при нормальных условиях работы имеют вид:

$$H'_i = A \left(\frac{WL^2}{T} + H_i'' \right) + \frac{H_g L}{L + L_{кз}} ; \quad (13)$$

$$H''_i = B \frac{W(L + L_k)}{2T} + \frac{H_g LL_k + H'_i L_{кз} L_k + H_k L_{кз} L}{LL_k + L_{кз} L_k + L_{кз} L} ; \quad (14)$$

$$H'''_i = A' \left(\frac{WL^2}{2T} + H_i'' \right) + \frac{H_k L_k}{L_k + L_{кз(к)}} ; \quad (15)$$

$$B = \frac{L_{кз} L L_k}{L L_k + L_{кз} L_k + L_{кз} L} ; \quad A' = \frac{L_{кз(к)}}{L_k + L_{кз(к)}} .$$

Таким образом, основываясь на методе фильтрационных сопротивлений, можно рассчитать значения уровня грунтовых вод

на участках неработающего или работающего с неполной нагрузкой систематического горизонтального закрытого дренажа, а также рассчитать необходимое понижение уровня грунтовых вод, по которому, в свою очередь, определить необходимый объем ремонтно-восстановительных работ.

Список использованной литературы

1. Духовный В.А. Орошение и освоение Голодной степи. - М.: Колос, 1973. - С.16, 47-48, 76
2. Кац В.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. - М.: МГУ, 1981. - С.196-200, 212-215.
3. Насонов В.Г., Закс И.А. Регулирование уровня грунтовых вод горизонтальным дренажем в условиях расчлененного рельефа. Сб. науч. тр./Среднеаз.НИИ ирригации. - 1982. - Вып.166. - С.74-79.
4. Шестаков В.М. Теоретические основы оценки подпора, водопонижения и дренажа. - М.: МГУ, 1965. - С.84-87.

П.Я.Саруханов, канд.техн.наук

В.В.Хегай, канд.техн.наук

О.Ю.Наганова

(САНИИРИ им.В.Д.Дурина)

МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТКИ ОТКОСОВ ОТКРЫТЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ОТ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Основными видами работ по содержанию открытых коллекторов оросительной системы являются очистка дна от наносов и очистка ложа от растительности. В настоящее время они выполняются экскаваторами с оборудованием "драглайн". При этом срезка нижней части откосов приводит к их осыпанию и к расширению площади под коллектор. Кроме того, очистка коллекторов проводится в среднем раз в три года, а растительность произрастает по нескольку лет, повышая интенсивность заиления. Причем, на откосах коллекторов произрастает тростник, кустарник "карелинния каспийская" и другая растительность, пригодная для корма домашним животным.

Таким образом, нужна специализированная техника для очи-

стки коллекторов.

В ГСКБ по ирригации создана косилка КОК-6 для окашивания откосов коллекторов глубиной до 6 м. В совхозе № 1^а Сырдарьинской области на коллекторах К-2-1-2 и ОК-2 велась отработка ее технологии. Техническая характеристика коллекторов приведена в таблице.

Существующими типами косилок непрерывного действия окашивание канала можно осуществлять по кольцевой, челночной и получелночной схемам движения косилки (рис.1) / 1,2,3 /.

По кольцевой схеме косилка окашивает одну сторону откоса шириной, равной длине режущего аппарата, перемещается через переезд

Т а б л и ц а
Техническая характеристика коллекторов

Коллектор:	Протя-	Глубина,	Ширина	Ширина су-	Заложение:	Глубина
:тяжен-:	м	: по дну,	м:хого отко-	:откосов	: воды,	м
:	:	:	:са,м	:	:	:
К-2-1-2	1700	4,5...5,2	3,0...5,0	7,0...10,0	1,0:1,5	0,3...0,8
					1,0:1,75	
ОК-2	1250	3,0...4,0	1,2...2,0	5,0...	1,0:1,5	0,1...0,3
				...7,2		

на канале и окашивает противоположную сторону откоса. В случае, когда длина режущего аппарата меньше ширины откоса, косилку возвращают на исходную позицию, режущий аппарат устанавливают ниже по откосу на ширину захвата и производят окашивание следующей полосы.

По челночной схеме косилка, двигаясь вперед по одной стороне откоса, окашивает верхнюю часть откоса шириной, равной длине режущего аппарата. В конце гона косилку разворачивают на 180°, опускают на ширину захвата режущий аппарат и ведут окашивание следующей полосы в нижней части откоса. После отработки всего откоса косилку перемещают на другую сторону коллектора и таким же образом ведут окашивание противоположного откоса.

Получелночная схема работы косилки отличается от челночной тем, что рабочий режим осуществляется только в одном направлении. К исходной позиции косилку перегоняют холостым ходом.

Косилка КОК-6 позволяет окашивать откосы коллекторов по кольцевой и получелночной схемам. Для разработки технологии работы косилки по кольцевой схеме необходимо тщательно изучить схемы

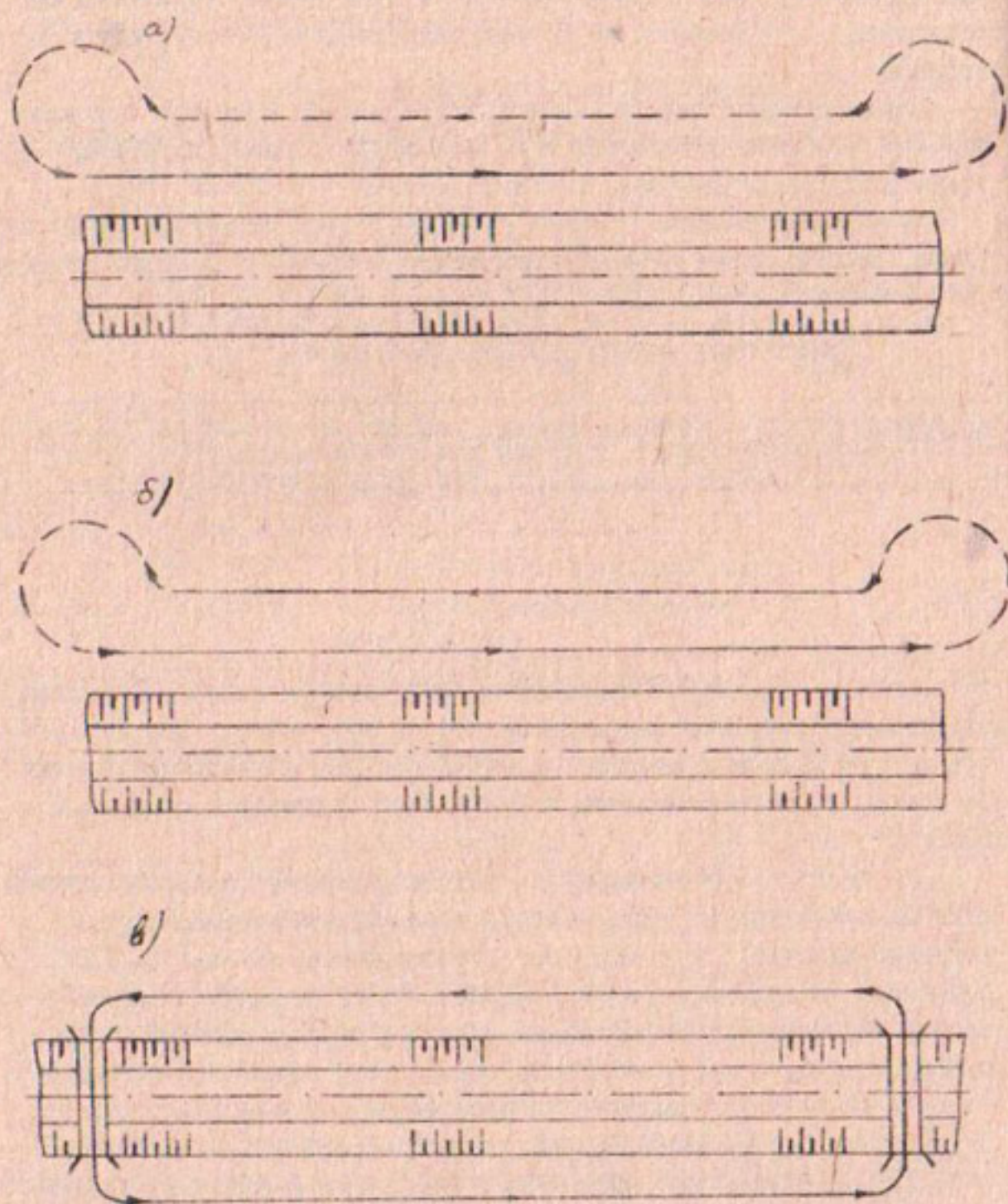


Рис. I. Траектории движения косилки:
 а — получелночная; б — челночная;
 в — кольцевая.

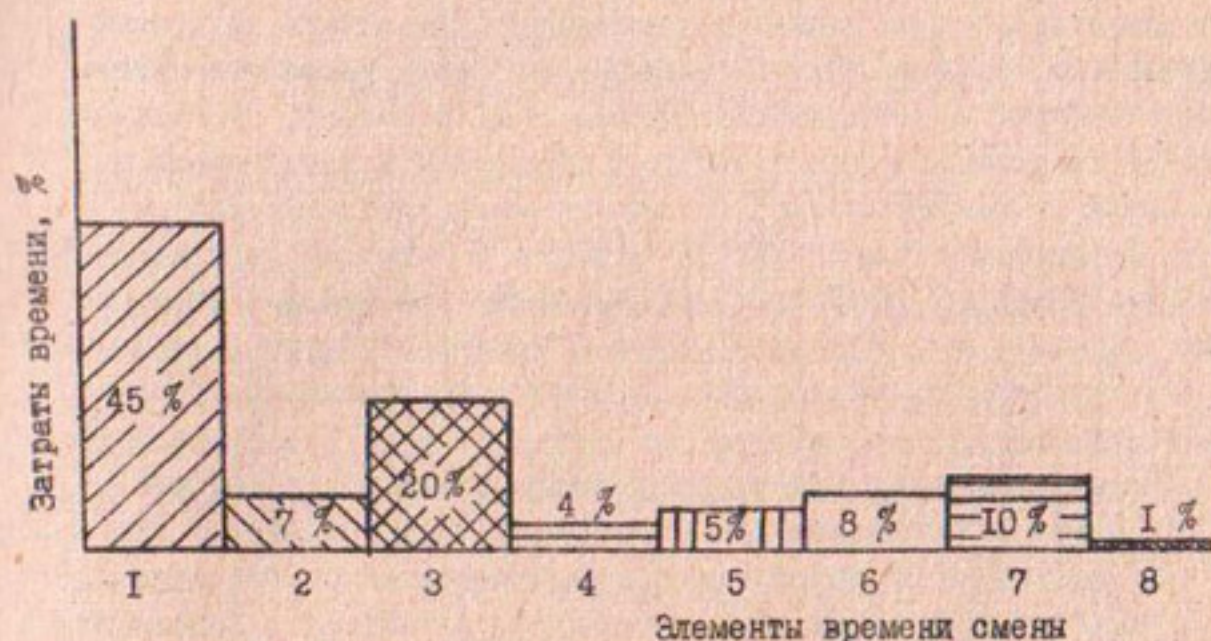


Рис.2. Затраты времени при работе косилки по полу-челночной схеме: 1 - на чистую работу; 2 - на повороты; 3 - на холостой ход; 4 - на технологические отказы; 5 - на техническое обслуживание; 6 - на устранение технических отказов; 7 - на отдых; 8 - на простой.

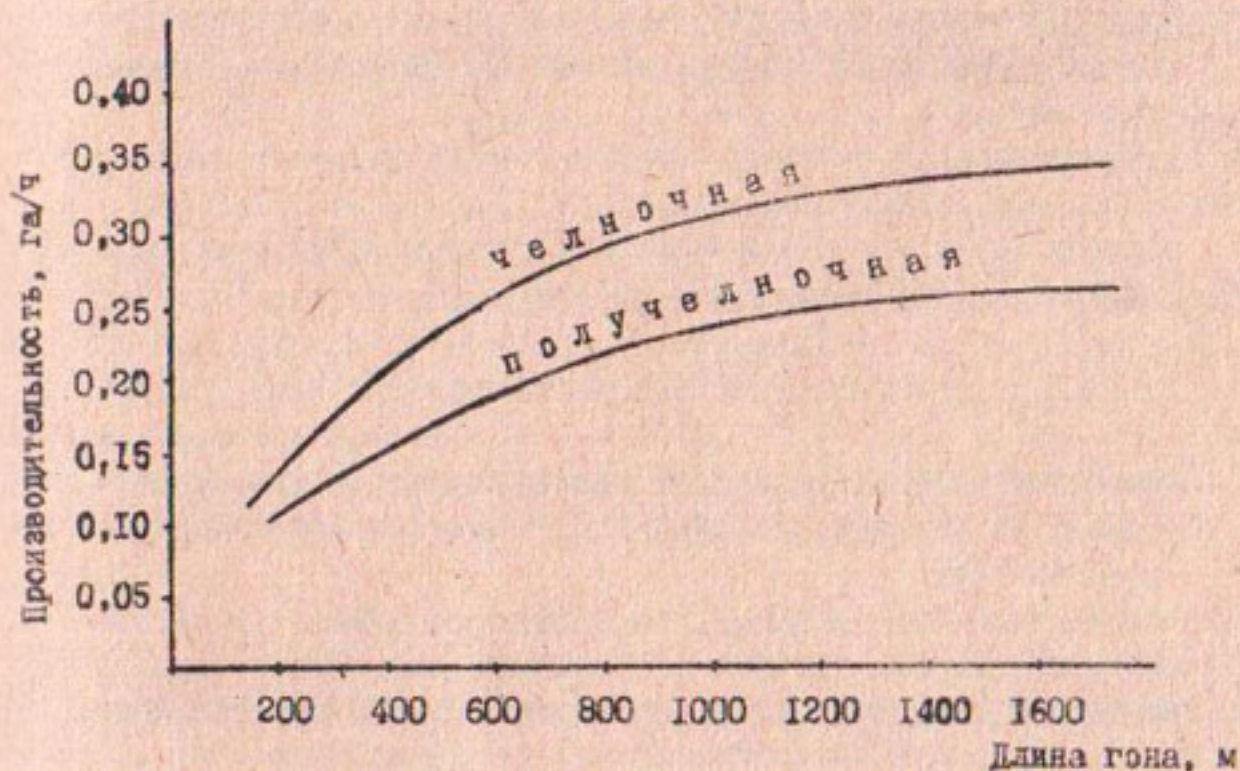


Рис.3. Зависимости производительности косилки КОК-6Н от длины гона при разных траекториях движения.

расположения коллекторно-дренажной и оросительной сетей, наличие переездов через каналы и коллекторы, размещение сельскохозяйственных культур. При разработке возможных вариантов применения косилки на коллекторах совхоза № I^а отмечено, что движение ее затруднено из-за отсутствия переездов и асфальтированных дорог и наличия лотковой сети, посевов сельхозкультур и т.д. Практически "закольцевать" удалось 3 участка, протяженность которых равнялась 15 % от общей протяженности коллекторов. При этом величина холостого хода косилки составляет треть длины кольца. В таких условиях косилку необходимо использовать по получелночной схеме.

Установлено, что время чистой работы косилки составляет всего 45 %, холостые пробеги - 20 % (рис.2).

На основании распределения затрат времени и технических показателей косилки определена зависимость производительности от длины гона (рис.3). Видно, что при длине гона свыше 1500 м фактическая производительность практически не повышается и составляет 0,25 га/ч, что ниже требуемой - 0,3 га/ч.

Добиться повышения производительности косилки в 1,4 раза можно при переходе с получелночной технологии на челночную. Для этого следует внести следующие изменения в конструкцию косилки:

обеспечить поворот платформы на 180° и опускание рукояти режущего аппарата;

режущий аппарат должен обеспечивать срез растений в прямом и обратном движении косилки;

вынести рабочее место оператора с пультом управления рабочим органом на поворотную платформу.

Список использованной литературы

1. Технологический регламент для проектирования и производства работ по эксплуатации открытых каналов осушительных систем /СевНИИГМ. - Л., 1986.
2. Рекомендации по ремонтно-эксплуатационным работам на оросительных системах / КжНИИГМ. - Новочеркасск, 1987.
3. Машины для уничтожения растительности на мелиоративных каналах. - Обзор ЦНИИТЭИ Стройдоркомаунмаш, М., 1975.

В.Н.Бердянский,

М.А.Юсупбеков

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СПОСОБА
ОЧИСТКИ ЗАКРЫТЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДРЕН

В настоящее время для очистки трубчатой линии закрытых горизонтальных дрен широко применяется гидродинамический способ, заключающийся в размыве наносов высоконапорными струями воды и транспортировании пульпы самотеком по трубопроводу /1,2,3,4/.

Для внедрения этого способа разработаны специальные дренажно-промывочные машины. Однако промышленное производство налажено только машин ЦДТ-125 - для зоны орошения и Д-910 - для зоны осушения.

Вместе с тем существует мнение о нежелательности или даже невозможности использования гидродинамического способа, так как при очистке в полости трубопровода создается избыточное давление пульпы, разрушающее сформировавшиеся над стыками или перфорацией сводики грунта, которые обеспечивают защиту дрен от заиливания. Разрушающее действие может оказывать и струя воды, выбрасываемая из размывающей головки под углом к оси трубопровода. При этом вероятность разрушения и его степень зависят от типа стыка, формы и размера перфорации, от направления и величины угла и давления, по которым струя выбрасывается из размывающей головки.

Для установления взаимосвязи всех этих параметров, их величин, физической сущности процесса и самого принципа гидродинамической очистки были выполнены теоретические исследования и произведена опытная проверка способа.

Исследования показали, что дренажный трубопровод вполне может обеспечить максимальный расход при определенных условиях (табл.1).

В табл.2 приведен расход насоса машины ЦДТ-125.

Другим важным моментом является определение критических скоростей, обеспечивающих транспортирование пульпы, включающей различные по размерам фракции.

Критическая скорость для пропуска пульпы, по данным П.И.Томакова и И.К.Наумова /4/, зависит от следующих величин (табл.3):

Таблица I^{х)}

Диаметр трубопровода, в свету, см		Уклон трубопровода						
		0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007
100	а	<u>1.64</u>	<u>2.32</u>	<u>2.85</u>	<u>3.29</u>	<u>3.68</u>	<u>4.03</u>	<u>4.36</u>
		0,21	0,3	0,37	0,43	0,47	0,52	0,56
	б	<u>1.5</u>	<u>2.18</u>	<u>2.67</u>	<u>3.08</u>	<u>3.42</u>	<u>3.76</u>	<u>4.1</u>
		0,3	0,42	0,52	0,59	0,66	0,73	0,8
	в	<u>1.48</u>	<u>2.09</u>	<u>2.56</u>	<u>2.96</u>	<u>3.31</u>	<u>3.62</u>	<u>3.91</u>
		0,29	0,41	0,5	0,58	0,65	0,71	0,77
	г	<u>1.42</u>	<u>2.01</u>	<u>2.46</u>	<u>2.84</u>	<u>3.118</u>	<u>3.48</u>	<u>3.76</u>
		0,3	0,43	0,52	0,61	0,68	0,74	0,8
	д	<u>1.04</u>	<u>1.45</u>	<u>1.79</u>	<u>2.07</u>	<u>2.31</u>	<u>2.54</u>	<u>2.74</u>
		0,32	0,45	0,54	0,63	0,70	0,77	0,83
150	а	<u>4.76</u>	<u>6.74</u>	<u>8.25</u>	<u>9.53</u>	<u>10.65</u>	<u>11.69</u>	<u>12.60</u>
		0,27	0,38	0,47	0,54	0,61	0,67	0,71
	б	<u>4.62</u>	<u>6.53</u>	<u>8.02</u>	<u>9.25</u>	<u>10.30</u>	<u>11.30</u>	<u>12.20</u>
		0,38	0,53	0,66	0,75	0,84	0,92	0,99
	в	<u>4.55</u>	<u>6.44</u>	<u>7.88</u>	<u>9.11</u>	<u>10.20</u>	<u>11.10</u>	<u>12.00</u>
		0,37	0,53	0,64	0,75	0,84	0,91	0,98
	г	<u>4.46</u>	<u>6.31</u>	<u>7.73</u>	<u>8.92</u>	<u>9.97</u>	<u>10.90</u>	<u>11.80</u>
		0,38	0,54	0,65	0,75	0,84	0,92	1,00
	д	<u>3.92</u>	<u>5.54</u>	<u>6.79</u>	<u>7.84</u>	<u>8.77</u>	<u>9.60</u>	<u>10.41</u>
		0,38	0,53	0,66	0,75	0,85	0,92	1,00
	е	<u>3.59</u>	<u>5.07</u>	<u>6.20</u>	<u>7.16</u>	<u>8.01</u>	<u>8.77</u>	<u>9.50</u>
		0,38	0,54	0,66	0,76	0,85	0,94	1,02
200	а	<u>10.3</u>	<u>14.52</u>	<u>17.83</u>	<u>20.55</u>	<u>23.00</u>	<u>25.15</u>	<u>27.24</u>
		0,33	0,46	0,57	0,66	0,74	0,81	0,87
	д	<u>9.24</u>	<u>13.04</u>	<u>16.00</u>	<u>18.43</u>	<u>20.66</u>	<u>22.60</u>	<u>24.43</u>
		0,45	0,65	0,77	0,90	1,00	1,10	1,18

х) в числителе — максимальный расход, в знаменателе — средние скорости потока.

Продолж. табл. I

Диаметр трубопров.:		Уклон трубопровода					
в свету, см:		0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006 : 0,007
250	в	<u>8.80</u>	<u>12.44</u>	<u>15.23</u>	<u>17.58</u>	<u>19.67</u>	<u>21.55</u> <u>23.30</u>
		0,45	0,64	0,78	0,90	1,00	1,10 1,19
	а	<u>18.6</u>	<u>26.35</u>	<u>21.60</u>	<u>37.20</u>	<u>41.60</u>	<u>45.60</u> <u>49.30</u>
		0,38	0,54	0,65	0,76	0,85	0,93 1,01
	д	<u>17.43</u>	<u>24.64</u>	<u>30.15</u>	<u>34.80</u>	<u>38.99</u>	<u>42.70</u> <u>46.20</u>
		0,53	0,74	0,91	1,06	1,18	1,28 1,40
300	в	<u>16.90</u>	<u>23.90</u>	<u>29.30</u>	<u>33.80</u>	<u>37.80</u>	<u>41.40</u> <u>44.80</u>
		0,53	0,71	0,91	1,06	1,18	1,28 1,38
	а	<u>30.30</u>	<u>42.80</u>	<u>54.40</u>	<u>60.60</u>	<u>67.80</u>	<u>74.30</u> <u>80.20</u>
		0,43	0,60	0,77	0,85	0,96	1,04 1,13
	д	<u>29.00</u>	<u>40.80</u>	<u>50.20</u>	<u>57.90</u>	<u>64.80</u>	<u>71.00</u> <u>76.70</u>
		0,59	0,82	1,02	1,18	1,31	1,44 1,56
350	в	<u>28.50</u>	<u>40.20</u>	<u>49.30</u>	<u>56.80</u>	<u>63.40</u>	<u>69.70</u> <u>75.20</u>
		0,59	0,83	1,02	1,18	1,31	1,43 1,56
	а	<u>45.80</u>	<u>64.80</u>	<u>78.40</u>	<u>91.40</u>	<u>101.9</u>	<u>111.6</u> <u>121.2</u>
		0,54	0,71	0,87	1,01	1,12	1,22 1,34
	д	<u>44.20</u>	<u>62.40</u>	<u>76.40</u>	<u>88.30</u>	<u>98.60</u>	<u>108.2</u> <u>116.6</u>
		0,69	0,98	1,21	1,39	1,55	1,70 1,84
	в	<u>43.60</u>	<u>61.60</u>	<u>75.40</u>	<u>87.20</u>	<u>97.20</u>	<u>106.7</u> <u>115.3</u>
		0,70	0,99	1,21	1,40	1,56	1,71 1,84

В графе "диаметр трубопровода в свету" буквами обозначены условия для гравитационного потока, в том числе:

- а - для свободной полости трубы;
- б - в полости трубы расположен водоподающий рукав с наружным диаметром 26 мм;
- в - то же, 32 мм;
- г - то же, 38 мм;
- д - то же, 55 мм;
- е - то же, 66 мм.

Т а б л и ц а 2

Расход насоса ЦНС-38-176

Напор, МПа	:1,25	: 1,3	: 1,4	: 1,5	: 1,6	:1,7	:1,8	:1,9	:2,0	:2,1
Расход, л/с	13,4	13,3	12,5	11,9	11,4	10,7	10,5	9,2	8,3	7,8

Т а б л и ц а 3

Диаметр пуль- попровода, мм	Глинистые фракции	Песчаные фракции	50% песка и гравия с небольшим содержанием глины
	: с примесью глины	: с примесью глины	: с примесью глины
200	1,6	1,9	2,4
300	1,8	2,1	2,9

На основании экспериментов и анализа работ, выполненных другими исследователями, С.А.Коржаев /5/ считает, что имеющийся материал не дает обоснованных данных для точных определений критических скоростей, поэтому им для практического использования предлагаются данные, полученные экспериментальным путем (табл.4).

Т а б л и ц а 4

Грунт	Диаметр пульпопровода, мм					
	: 150	: 200	: 250	: 300	: 350	: 400
Мелкий песок	2,2	2,3	2,5	2,6	2,9	3,2
Рядовой песок						
крупнозернистый	2,5	2,7	2,8	3,0	3,3	3,6
Щебень и гравий						
крупный до 50 мм	3,1	3,3	3,5	3,7	4,1	4,5

Для приближенных расчетов пульпопроводов А.М.Царевский /6/ предлагает пользоваться данными, приведенными в табл.5.

Сопоставление данных табл.1 и 2 показывает, что нормальный отвод пульпы обеспечивается дренажным трубопроводом диаметром 150мм при уклонах больше 0,0055 и диаметром 200 мм и больше -

Т а б л и ц а 5

Средние скорости и расход пульпопровода

Диаметр: пульпо- прово- да, мм	Вид транспортируемого материала							
	: глины и суг-	: супеси, пески	: пески крупные	: пески крупные				
	: линки, не даю-	: мелкие и сред-	: с небольшим	: с небольшим				
	: щие при разра-	: ние	: количеством	: количеством				
	: ботке комков,	:	: гравия	: гравия				
	: $d=0,005-0,05$	: $d=0,05-1,0$	: $d=1,0-5,0$ мм	: $d=5,0-10,0$ мм				
	: $W=0,000015-$	: $W=0,015-$	: $W=0,13-0,3$	: $W=0,3-0,6$				
	: м/с	: -0,13 м/с	: м/с	: м/с				
	: $d_{cp}=$	: $W=$	: $d_{cp}=$	: $W=$	: $d_{cp}=$	: $W=$	: $d_{cp}=$	: $W=$
	: =0,02	: 0,0002	: =0,22	: =0,02	: =2,0	: =0,2	: =10	: =0,5
	: $V_{cp},$	: Q	: $V_{cp},$	: Q	: $V_{cp},$	: Q	: $V_{cp},$	: Q
	: м/с	: м ³ /с	: м/с	: м ³ /с	: м/с	: м ³ /с	: м/с	: м ³ /с
150	1,3	0,023	1,5	0,026	1,9	0,0336	2,1	0,037
200	1,4	0,044	1,7	0,053	2,1	0,066	2,4	0,075
250	1,6	0,080	2,0	0,100	2,4	0,120	2,7	0,130
300	1,8	0,180	2,1	0,150	2,6	0,185	3,0	0,210
350	2,0	0,190	2,2	0,250	2,8	0,270	3,3	0,320

при любых уклонах, начиная с 0,001 и больше (т.е. принимаемых в проектах).

Для очистки дренажных трубопроводов диаметром 100 мм достаточен расход наносов до 3 л/с. Наиболее эффективная очистка трубопровода происходит при повышенных режимах. Следовательно, при принятых режимах очистки в дренажном трубопроводе всегда создается повышенное давление, что не может не вызвать опасения разрушения сводиков и вторичного заиливания трубопровода вслед за сбросом пульпы. Кроме того, транспортирующая способность потока в дренажных трубопроводах, как правило, не отвечает требуемой для выноса наносного грунта (табл.6) и обеспечивает его лишь в трубах диаметром 100 мм при использовании промывочных рукавов Д-55 и Д-66, когда максимальная скорость составляет 1,6-2,0 м/с.

Таким образом, расчетную величину скорости течения воды в дренажных трубопроводах различных диаметров для условий Узбекистана необходимо принимать 0,4-0,65 м/с, причем большее значение для труб с меньшим диаметром.

Т а б л и ц а 6

Результаты гранулометрического анализа проб наилка в трубах
и колодцах закрытых горизонтальных дрен

Место отбора проб:	Гранулометрический состав, %:			Грунт
	: песок	: пыль	: глина	
Совхоз № 21 Джизакской области, сеть на открытом коллекторе ЦК-9				
Дрена Д-29	10	70	20	Суглинок средний пылеватый
" "	15	68	17	Суглинок средний пылеватый
" "	8	66	26	Суглинок тяжелый пылеватый
Дрена Д-34	36	44	20	Суглинок средний
" "	41	35	24	Суглинок тяжелый
" "	13	83	4	Супесь легкая пылеватая
" "	23	50	27	Суглинок тяжелый
Дрена Д-34	51	27	22	Суглинок тяжелый
Дрена Д-40	5	71	24	Суглинок тяжелый
" "	16	69	15	Суглинок средний пылеватый
" "	19	47	34	Суглинок тяжелый
" "	8	60	32	Суглинок тяжелый
" "	2	80	18	Суглинок средний пылеватый
" "	37	44	19	Суглинок средний
Совхоз № 7 ^а Сырдарьинской области, сеть на закрытом коллекторе 7-К-3-1-2				
Колодец № 14 на выходе после промывки	23	53	24	Суглинок тяжелый пылеватый
Дрена Д-128-1 (колодец № 14)	30	44	26	Суглинок средний пылеватый
Колодец № 3 после промывки	31	61	8	Супесь тяжелая
Колодец № 9 до промывки	33	47	20	Суглинок средний, пылеватый

Место отбора проб:	Гранулометрический состав, %:			Грунт
	: песок	: пыль	: глина	
Шурф над трубой коллектора ПК 9:80	17	43	26	Суглинок тяжелый пылеватый
Коллектор до промывки ПК 9:80	50	32	18	Суглинок средний
Коллектор через пробитое отверстие (после про- мывки) на ПК 9:80	45	33	22	Суглинок средний
Сурхандарьинская область, Гагаринский район, совхоз "Комсомолабад"				
Дрена Д-13	54	35	11	Супесь тяжелая

Сопоставляя расчетные и максимальные возможные скорости потока воды в дренажных трубопроводах с критическими скоростями по данным табл. 3, 4 и 5, приходим к выводу, что с помощью дренапро-мывочной машины ПДТ-125 можно вести надежно и качественно про-мывку труб, уложенных с уклонами 0,005-0,007, заиленных глини-стыми фракциями диаметром до 150 мм, и труб диаметром до 100 мм, заиленных мелким песком или песчаными фракциями с примесью гли-нистых.

Данные выводы подтверждаются опытными работами в полупроиз-водственных условиях на агроучастке совхоза № 7-а Сырдарьинской области. Здесь проводили промывку закрытой сети, состоящей из коллектора, сложенного из керамических раструбных труб диаметром 250 мм по ГОСТ 286-80 и двадцати восьми впадающих в него дрена, сложенных из керамических раструбных труб по ТУ 21 УзССР 13-74 диаметром 150 мм. В результате работ установлено, что критическая скорость транспортирования пульпы может быть достигнута только в трубопроводах малого диаметра.

Список использованной литературы

1. Колоша В.Г., Маденский А.А., Щербаков Э.А. Машины, оборудо-вание и способы механизации очистки закрытых осушительных систем. - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1968.

2. Скотников В.А., Можейко Л.И., Маденский А.А., Кладов Н.П. Машины для строительства и содержания осушительных дрен. - М.: Машиностроение, 1973.
3. Фатрахманов Р.А. Новый способ очистки закрытого дренажа. - Хлопководство, 1976, № 12.
4. Томаков П.И., Наумов И.К. Технология, механизация и организация открытых горных работ. - М.: Недра, 1978.
5. Коржаев С.А. Теоретические основы расчета гидрозлеваторов. - Изв. АН СССР. Серия техн. наук, 1939, № 6.
6. Царевский А.М. Гидромеханизация мелиоративных работ. - М.: Сельхозиздат, 1963.

В.Г.Насонов, канд.геол.-мин.наук
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

О ГИДРАВЛИКЕ ФИЛЬТРОВ ДРЕНАЖНЫХ СКВАЖИН

Анализ данных эксплуатации вертикального дренажа и материалов экспериментальных исследований / I-13 / показывает, что высокие показатели надежности установок вертикального дренажа, низкие эксплуатационные затраты определяются рациональными параметрами, главным образом, водоприемной части скважин.

При выборе соответствующих параметров водоприемной части следует исходить из необходимости получения максимально возможного дебита при равномерности бокового притока по длине фильтра и минимальных потерях напора в трубчатой части скважины. Для решения этой задачи рассмотрим совместно уравнения движения жидкости с переменной массой в перфорированном или пористом трубопроводе и фильтрации воды в окружающем скважину водоносном пласте.

Гидравлике водоприемной части водозаборных скважин посвящено достаточно много работ, основанных иногда на различных, взаимоисключающих предпосылках. В одних работах пренебрегают гидравлическим трением в фильтре /3,4/, либо коэффициент гидравлического трения принимают, как при обычном движении жидкости и не зависящим от местного значения числа Рейнольдса / 15,16 /. В других работах, наоборот, коэффициент гидравлического трения

при движении с переменной массой принимают значительно выше такового при обычном движении жидкости (определяя соотношением продольного и бокового притоков) и также не зависящим от локального значения числа Рейнольдса [5].

В то же время имеется много исследований, указывающих на зависимость коэффициента гидравлического трения в перфорированных трубах от числа Рейнольдса [8,9,11,19,20].

При учете движения воды в окружающем пласте допускается либо постоянство напоров за стенкой фильтра [3,18], либо послойно-радиальный характер фильтрации [3,5,15].

Различие в исходных предпосылках создает (несмотря на обилие литературы по этому вопросу) довольно противоречивые взгляды на выбор длины фильтра. Если в ряде экспериментальных исследований и рекомендаций считается, что фильтр должен быть относительно коротким [1,7,13], то в других допускается максимально возможная длина фильтра.

Для выработки общего подхода к расчету фильтров скважин вертикального дренажа рассмотрим с единых позиций движение воды в системе пласт-прифильтровая зона-скважина с тем, чтобы установить области применения тех или иных моделей движения воды в приемной части скважины.

Движение воды в фильтре скважины описывается уравнением движения с изменяющимся расходом

$$\frac{dH}{dz} + \frac{2v}{q} \frac{dv}{dz} + \frac{\lambda_k}{2dq} v^2 = 0 \quad (I)$$

при $v|_{z=0} = 0$; $v|_{z=l} = v_0$,

где

H — пьезометрический напор;

v — средняя по сечению скорость движения воды в фильтре;

g — ускорение свободного падения;

d — диаметр фильтра;

λ_k — коэффициент гидравлического трения в перфорированной трубе при движении жидкости с притоком.

Фильтрация воды в простейшем случае однородного однослойного пласта с непроницаемой кровлей и подошвой, дренируемого совершенной по степени вскрытия скважиной, описывается уравнением

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

$$\text{при } \frac{\partial H}{\partial z} = 0 \quad \left| \begin{array}{l} z=0 \\ z=l \end{array} \right.$$

$$H|_{z=0} = H_0$$

$$H|_{z=l} = f(z)$$

(z_0 — внешний радиус фильтра).

Уравнения (1) и (2) дополняются зависимостью, связывающей перепад напоров у наружной и внутренней стенок фильтра с расходом через него. В общем случае эта зависимость имеет вид:

$$\Delta h = \alpha_1 v_{cp}^2 + \alpha_2 v_{cp} \quad (3)$$

где v_{cp} — расход через единицу поверхности стенки фильтра.

При квадратичной зависимости выражение (3) принимает обычный вид:

$$\Delta h = \alpha v_{cp}^2 \quad (3a)$$

при линейной

$$\Delta h = \alpha v_{cp} \quad (3б)$$

Учитывая, что

$$v_{cp} = -\frac{d}{4} \frac{dv}{dz} \quad (4)$$

представим выражение (3) в виде

$$\Delta h = \alpha_1 \left(\frac{d}{4} \right)^2 \left(\frac{dv}{dz} \right)^2 + \alpha_2 \frac{d}{4} \frac{dv}{dz} \quad (5)$$

Здесь α_1 и α_2 — гидравлические характеристики фильтра.

В уравнении (1) корректив неоднородности $\mathcal{L}_0$ принят равным единице, хотя имеются данные, что при движении с притоком $\mathcal{L}_0$ существенно отличается от единицы [8, 14]. Поэтому, следуя [10, 12],

учетом изменения λ_0 путем введения эффективного коэффициента гидравлического трения.

Изучению закономерностей изменения коэффициентов трения при движении жидкости с переменной массой посвящено много работ / 2, 8, 9, 10, 14 /. Исследования показывают, что при движении с притоком коэффициент гидравлического трения зависит от отношения скорости притока к осевой скорости и местного значения числа Рейнольдса / 2, 8, 10, 14 /. Для описания трения при движении с изменяющимся расходом авторы работы / 11 / вводят параметр относительного трения

$$\psi = \frac{\lambda_{\text{eff}}}{\lambda_0} = f(\theta) \quad ; \quad \theta = - \frac{2d}{\lambda_0} \frac{dv}{v dz} , \quad (6)$$

где λ — коэффициент гидравлического трения при течении жидкости в трубе с непроницаемыми стенками.

Значения относительного трения ψ для движения с притоком находят по зависимости

$$\psi = \left(1 - \frac{\theta}{4}\right)^2 \quad \text{при} \quad \theta < \theta_{\text{кр}} ,$$

$$\psi = 0 \quad \text{при} \quad \theta_{\text{кр}} > 40 .$$

Экспериментальными исследованиями эффективных коэффициентов трения / 12 / установлено, что безразмерный параметр — относительное трение — для движения с притоком может быть аппроксимирован следующей зависимостью:

$$\psi = 1 + \kappa \theta \quad \text{при} \quad \theta_{\text{кр}} < \theta < 0 , \quad \kappa = 0,25 ; \quad (7)$$

$$\psi = 0 \quad \text{при} \quad \theta < \theta_{\text{кр}} , \quad \theta_{\text{кр}} = -4 .$$

При анализе уравнения (I) с безразмерным гидравлическим параметром ψ важное значение имеет установление зависимости для

λ_0 при движении в трубе с перфорированными стенками. В работах / 19, 20 / установлена зависимость λ_0 от степени перфорации. Однако фильтры скважин вертикального дренажа характеризуются такой высокой степенью перфорации, что этой зависимостью можно пренебречь. Как показывают исследования / 9, 12 /, для перфорированных труб с достаточной точностью можно принимать λ_0 в соответствии с формулой Блазиуса.

Упростим фильтрационную задачу (2), принимая, как и в / 3, 5 /,

структуру фильтрационного потока в зоне его резкой деформации "послойно-радиальной", а за пределами этой зоны — по Дюпюи-Форхгеймеру. После преобразования и решения уравнения (2) найдем радиальную скорость на внешней стенке фильтра v_2 :

$$v_2 = \frac{\kappa}{z_0} \frac{H_{cr} - H}{\ln \frac{m}{z_0}} \quad (8)$$

где H_{cr} — напор на внешней границе зоны резкой деформации потока;

κ — коэффициент фильтрации;

m — мощность водоносного пласта.

Подставив в (8) выражение (4), получим

$$\frac{\kappa}{z_0} \frac{H_{cr} - H}{\ln \frac{m}{z_0}} = -\frac{d}{4} \frac{dv}{dz} \quad (9)$$

Приняв для коэффициента трения λ в трубе с перфорированными стенками зависимость Блазиуса, введя расход $\tilde{Q}$ и безразмерные переменные $\frac{\tilde{Q}}{Q_0} = Q$ и $\frac{z}{\ell} = Z$, используя (5), (7) и (9), преобразуем уравнение (1):

$$Q'Q'' - AQ'' - BQQ' - CQ^{iv} = 0 \quad (10)$$

$$A = \frac{a_1 S}{\alpha_1 W^2 q} + \frac{z_0 \ln \frac{m}{z_0}}{\kappa Q_0 a_1};$$

$$B = \frac{(2 - \kappa) S^2}{W^2 a_1 q}; \quad C = \frac{S^2}{8_0 W^2 a_1 q}$$

при

$$Q(0) = 0; \quad Q(1) = 1.$$

Здесь

$$S = \pi d \ell; \quad 8_0 = \frac{2d}{\lambda(0)\ell};$$

Q_0 — расход скважины;

ℓ — длина фильтра;

$\lambda(\varphi)$ — коэффициент гидравлического трения в выходном сечении фильтра.

Уравнение (10) в общем виде описывает движение в фильтре водозаборной скважины с учетом гидравлических сопротивлений в стенках и окружающем пласте фильтра. Не представляет труда по-

лучить еще более общий случай, учитывающий несовершенство скважины по степени вскрытия или турбулентное движение в прифилтровой зоне.

Приняв $\lambda = \text{const}$, то есть ограничиваясь большими числами Рейнольдса (что характерно для весьма высокдебитных или необсаженных водозаборных скважин), получим

$$Q'Q'' - \lambda Q'' - BQ' - CQ'' = 0. \quad (\text{II})$$

Уравнение (II) аналогично по форме уравнениям, полученным в /3,17/, однако оно имеет резко ограниченную область применения и различия в коэффициентах. Составляющая члена, описывающего потери на трение; здесь комбинируется с членом, учитывающим изменение массы.

При $\beta > \beta_{cr}$ потери на трение исчезают:

$$Q'Q'' - \lambda Q'' - B_1 Q' = 0, \quad (\text{I2})$$

$$B_1 = \frac{2S}{W a, q}.$$

Уравнение (I2) по форме аналогично уравнению, полученному в /3/, в котором потери на трение не учитываются.

Решение уравнений (I0) и (II) в аналитической форме связано с серьезными трудностями и требует применения численных методов.

Допуская линейный закон движения через стенки фильтра и учитывая, что для вертикального дренажа водоприемная часть скважин проектируется, исходя из недопущения турбулентного движения в отверстиях фильтра /7,12/, получим приближенное решение уравнения (II):

$$Q'' - \frac{B}{\lambda} Q' - \frac{C}{\lambda} Q'' = 0. \quad (\text{I3})$$

Линеаризируем уравнение (I3), представив его в следующей форме:

$$Q'' + \bar{B} Q' + \bar{C} Q = 0, \quad (\text{I4})$$

где $\bar{B} = -\frac{B}{\lambda} Q_{cr}; \quad \bar{C} = -\frac{C}{\lambda} Q_{cr}.$

Уравнение (13) для движения жидкости в пласте и внутри фильтра было получено в работе / 15 /, однако имело иной физический смысл и другие коэффициенты.

Решение уравнения (14) будет иметь вид:

$$Q = C_1 \exp \frac{-\bar{B} + \lambda}{2} Z + C_2 \exp \frac{-\bar{B} - \lambda}{2} Z$$

при $\lambda^2 = \bar{B}^2 - 4\bar{C}^2 > 0$;

$$Q = \exp \left(-\frac{\bar{B}Z}{2} \right) (C_3 \cos \frac{1}{2} \lambda Z + C_4 \sin \lambda Z)$$

при $\lambda^2 = 4\bar{C}^2 - \bar{B}^2 > 0$; (15)

$$Q = \exp \left(-\frac{\bar{B}Z}{2} \right) (C_5 Z + C_6)$$

при $4\bar{C}^2 = \bar{B}^2$.

Постоянные C_1 и C_2 определяют из условий

$$Q|_{z=0} = 0 \quad ; \quad Q|_{z=e} = Q_e$$

Значения Q_e получают последовательным подбором из (15). Уравнение (12) позволяет получить аналитическое решение без линеаризации / 3 /.

Учитывая определенные различия в коэффициентах уравнения (12) и в работе / 3 /, целесообразно привести иную форму решения:

при $D < F$

$$DZ = C_1 + \ln \left| \frac{1 + \sin U}{\cos U} \right| - \frac{F}{\sqrt{F^2 - D^2}} \times \\ \times \ln \frac{F + D \cos U + \sqrt{F^2 - D^2} \sin U}{D + F \cos U} \quad , \quad (16)$$

при $|D| < |F|$

$$DZ = C_1 + \ln \left| \frac{1 + \sin U}{\cos U} \right| + \frac{F}{\sqrt{D^2 - F^2}} \times \\ \times \arcsin \frac{\sqrt{D^2 - F^2} \sin U}{a + b \cos U} \quad ; \quad (16a)$$

верхний знак берется при

$$(D + F \cos \alpha) (D \cos \alpha + F) > 0 ; \quad (160)$$

$$\alpha = \arctg DQ ; \quad D = \frac{2C_1}{\sqrt{B_1}} ; \quad F = \frac{\sqrt{2C_1}}{\sqrt{B_1}}$$

Нетрудно увидеть, что в гидравлике фильтра буровой скважины можно выделить два различных случая, не только определяющих метод расчета, но и предопределяющих выбор рациональных параметров водоприемной части. Если в уравнении (10), описывающем наиболее общий случай работы фильтра в водоносном пласте, присутствует в различных видах эффект гидравлического трения, то в уравнении (12) трение отсутствует совсем.

Можно показать, что при одинаковом соотношении поперечного и продольного потоков увеличение параметра β , определяющего безразмерное трение ψ , зависит от уменьшения длины фильтра или увеличения радиуса скважины, и наоборот. Следовательно, уравнение вида (12) с полным отсутствием гидравлического трения справедливо для скважин с короткими фильтрами и большого диаметра. При достаточно большой длине фильтра поток в скважине описывается уравнением (10) и очень редко уравнением (11), так как достижение больших чисел Рейнольдса в большей части фильтра в реальных природных условиях и при существующих конструкциях возможно лишь в ограниченном числе случаев.

Список использованной литературы

1. Асиров А. Исследование работоспособности скважин вертикального дренажа и рекомендации по ее повышению. Дис. канд. техн. наук. - Ташкент, 1981.
2. Быстров П.И., Михайлов В.С. Гидродинамика коллекторных теплообменных аппаратов. - М.: Энергоатомиздат, 1982.
3. Гершанович И.М. Гидрогеологические исследования в скважинах методом расходомерии. - М.: Недра, 1981.
4. Грикевич Э.А. Влияние гидравлических сопротивлений скважины на приток воды. - Рига: Зинатне, 1969.
5. Грикевич Э.А. Гидравлика водозаборных скважин. - М.: Недра, 1986.
6. Гринбаум И.И. Расходомерия гидрогеологических и инженерно-геологических скважин. - М.: Недра, 1986.

7. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования: ВСН-33.2.2.- М.: Минводхоз СССР, 1986.
8. Ерошенко В.И., Зайчик Л.И. Гидродинамика и тепломассообмен на проницаемых поверхностях. - М.: Наука, 1984.
9. Кинни Спарроу. Турбулентное течение, тепло- и массообмен в трубе с поверхностным отсосом. Теплопередача. - 1970. - № 2.
10. Коченов И.С., Новосельский О.Ю. Гидравлическое сопротивление каналов с непроницаемой стенкой. Инженерно-физический журнал. - 1969. - Т.16. - № 3.
11. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. - М.: Энергия, 1972.
12. Решеткина Н.М., Якубов Х.И. Вертикальный дренаж. - М.: Колос, 1978.
13. Меерович И.Г., Мучник Г.Ф. Гидродинамика коллекторных систем. - М.: Наука, 1986.
14. Олсон, Эккерт. Экспериментальное исследование турбулентного течения в пористой круглой трубе с равномерным вдувом газа через стенку. Прикл. механика: Труды американского общества инженеров-механиков. - 1966. - № 1.
15. Хубларян М.Г. О совместном решении задачи о притоке к дрене и течении жидкости внутри нее. Совершенствование методов гидрогеологических и почвенных исследований орошаемых земель / ВНИИГМ. - М.: 1974.
16. Шульгин Д.Ф., Васильев В.А. Некоторые вопросы работы фильтров водозаборных скважин / Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод. Ташкент: ФАН, 1964.
17. Garga S. Lal G. Rational design of well screens. Journal of the Irrigation and Drainage Division. - 1971. - Vol. 97/R.
18. Petersen G., Rohwer C., Albertson M. Effect of well screens on flow into wells. Proceedings ASCE. - 1954. - Vol. 79.
19. Siwon Z. O oporach przepływu cieczy w rurach perforowanych. Arch. hydrotechn. - 1974 (1975). - Vol. 21. - N 4.
20. Siwon Z. Hydraulika rur z przepuszczalnymi ściankami. Arch. hydrotechn. - 1977. - Vol. 24. - N 3.

А.Р.Рамазанов, канд.с.-х.наук

И.А.Закс, канд.техн.наук

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ККАССР

В настоящее время Каракалпакская АССР является одной из самых мощных хлопкосеющих и рисосеющих зон Узбекистана и Средней Азии. До последнего времени мелиоративное благополучие орошаемых земель ККАССР, в том числе в северной ее части, достигалось путем применения промывного режима на фоне плохоразвитого дренажа. Однако увеличение минерализации воды в основном источнике орошения — р.Амударье, высокие уровни залегания грунтовых вод обусловили появление значительных площадей засоленных земель, улучшение мелиоративной обстановки которых только за счет проведения текущих эксплуатационных мероприятий без усиления дренарованности, как показывает опыт, не представляется возможным.

Кроме того, почти полное истощение водных ресурсов в бассейне Аральского моря приведет в ближайшее время к снижению общего и удельного заборов воды, что неблагоприятно скажется на мелиоративном состоянии земель. В этих условиях разработка и осуществление мероприятий по реконструкции мелиоративных систем в целях обеспечения благоприятного водно-солевого режима при одновременном снижении затрат оросительной воды является вопросом первостепенной важности.

Отметим, что на засоленных и подверженных засолению землях благоприятный водно-солевой режим в активной толще почвогрунтов при любом уровне грунтовых вод можно поддерживать путем создания промывного режима орошения, объем которого, согласно /1/, составляет 10-30 % оросительной нормы с учетом гидрогеолого-мелиоративных условий. Однако высокий уровень грунтовых вод ведет к резкому увеличению суммарного испарения орошаемых полей и как следствие к увеличению расхода воды /2/. В свою очередь, затраты воды в зависимости от уровня грунтовых вод влияют на нагрузку дренажа и его параметры. Поэтому расчеты оптимальных параметров дренажа и глубин залегания уровней грунтовых вод должны базироваться на прогнозе водно-солевого режима почвогрунтов с последующей его оптимизацией.

При выборе и обосновании оптимального мелиоративного режима следует иметь в виду то обстоятельство, что уточнение глубин залегания уровней грунтовых вод, соответствующих минимуму затрат оросительной воды, глубин заложения дренажа и междренних расстояний должно осуществляться на основе современных представлений о закономерностях движения влаги и солей с учетом параметров массообмена. Такой подход позволит повысить точность расчетов по сравнению с применением водно-солебалансовых методов (это касается специфики строения зоны аэрации и, прежде всего, резкой ее слоистости, характерной для северной Каракалпакии).

Для прогноза водно-солевого режима разработано достаточно моделей. Однако наиболее приемлемой, как нам представляется, является модель влагосолепереноса WASTR - I, разработанная Л.М.Рексом, А.М.Якиревичем и реализующая решение системы уравнений, описывающих движение влаги и солей в насыщенно-ненасыщенной зоне почвогрунтов [3]. В одномерной постановке эта система имеет вид

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\kappa(W) \frac{\partial H}{\partial x} \right] - e(W, x), \quad (1)$$

$$V = -\kappa(W) \frac{\partial H}{\partial x}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial (W, C)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D^* \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial (VC)}{\partial x}, \quad (3)$$

где H - обобщенный потенциал почвенной влаги, м,

$$H = P(W) - X;$$

$P(W)$ - капиллярный потенциал, м;

X - вертикальная координата (при $X = 0$ - поверхность земли);

W - объемная влажность, м³/м³;

$\kappa(W)$ - коэффициент влагопроводности, м/сут;

$e(W, X)$ - функция отбора влаги корнями растений;

V - скорость влагопереноса, м/сут;

C - минерализация порового раствора, г/л;

D^* - коэффициент конвективной диффузии, м²/сут;

t - время, сут.

Для расчетов использовали вариант программы, реализующий суммарное испарение без учета отбора влаги корнями растений. Параметры дренажа, режим орошения и испарение были приняты в соответствии со схематизацией природных условий северной Каракалпакии, где наиболее перспективным является закрытый горизонтальный дренаж /4/.

Для прогноза водно-солевого режима на основе модели влагосолепереноса литологическое строение зоны аэрации дополнено параметрами, учитывающими специфику водно-солевого режима корнеобитаемого слоя, как это принято при гидромодульном районировании. С этих позиций целесообразно выделить два характерных типа строения зоны аэрации:

однослойный, когда зона аэрации представлена переслаивающимися глинами и супесчанно-суглинистыми отложениями, мощности которых превышают глубину залегания грунтовых вод. К этому типу относятся озерные и большая часть междуречных отложений;

двухслойный, когда зона аэрации на глубину 1,5–1,7 м сложена супесчанно-суглинистыми отложениями, подстилаемыми ниже мелко- и тонкозернистыми песками. Зеркало грунтовых вод может залегать в песчаном слое. К данному типу относятся русловые отложения.

Водно-физические свойства почвогрунтов основных выделенных типов строения зоны аэрации и исходные данные расчета прогнозного водно-солевого режима приведены в таблице. Гесфильтрационные параметры для назначения дренажа принимаем в соответствии с работами /3,4/.

Зависимость суммарного испарения от глубины залегания грунтовых вод определяли на основе материалов Б.Е.Милькиса /5/, результатов исследований В.А.Духовного /6/, В.Г.Насонова и И.А.Закса /7/. Значения суммарного испарения в пересчете на комплексный гектар для хлопково-люцернового севооборота с коэффициентом хлопковости 0,66 приведены ниже, м³/га:

Строение зоны аэрации	Глубина залегания грунтовых вод, м			
	1,0	1,5	2,0	2,5
Однослойное	12340	10800	8700	8340
Двухслойное	12340	10300	8340	8340

Т а б л и ц а

Водно-физические свойства почвогрунтов и исходные данные расчета прогнозного водно-солевого режима

Показатель	Однослойная толща			Двухслойная толща		
	: суглинок легкий	: суглинок толща	: суглинок легкий	: суглинок толща	: супесь	: песок
Полная влагоемкость, %	44-46			44-46	42-44	40-44
Наименьшая влагоемкость, %	25-31			25-31	18-23	14-21
Влажность разрыва капиллярных связей, %	15-23			15-23	9-15	5-11
Влажность завязания, %	0,12			0,12	0,10	0,08
Водопроницаемость, мм/сут	9-21			9-21	22-53	50
Высота капиллярного поднятия, см	140-280			140-280	60-14	35-70
Объемная масса, г/см ³	1,3-1,4			1,3-1,4	1,4-1,5	1,5-1,6
Порозность, %	47-51			47-51	44-46	41-43
Мощность слоя, м	20			0,4	1,0-1,4	1,6-20
Коэффициент фильтрации K_{02} , м/сут	0,2-0,4			0,4	0,4-1,0	5,0
Водопроводимость толща, м ² /сут	4-6			-	-	100
Коэффициент гидродисперсии λ , м	1,5			1,5	1,1	1,0

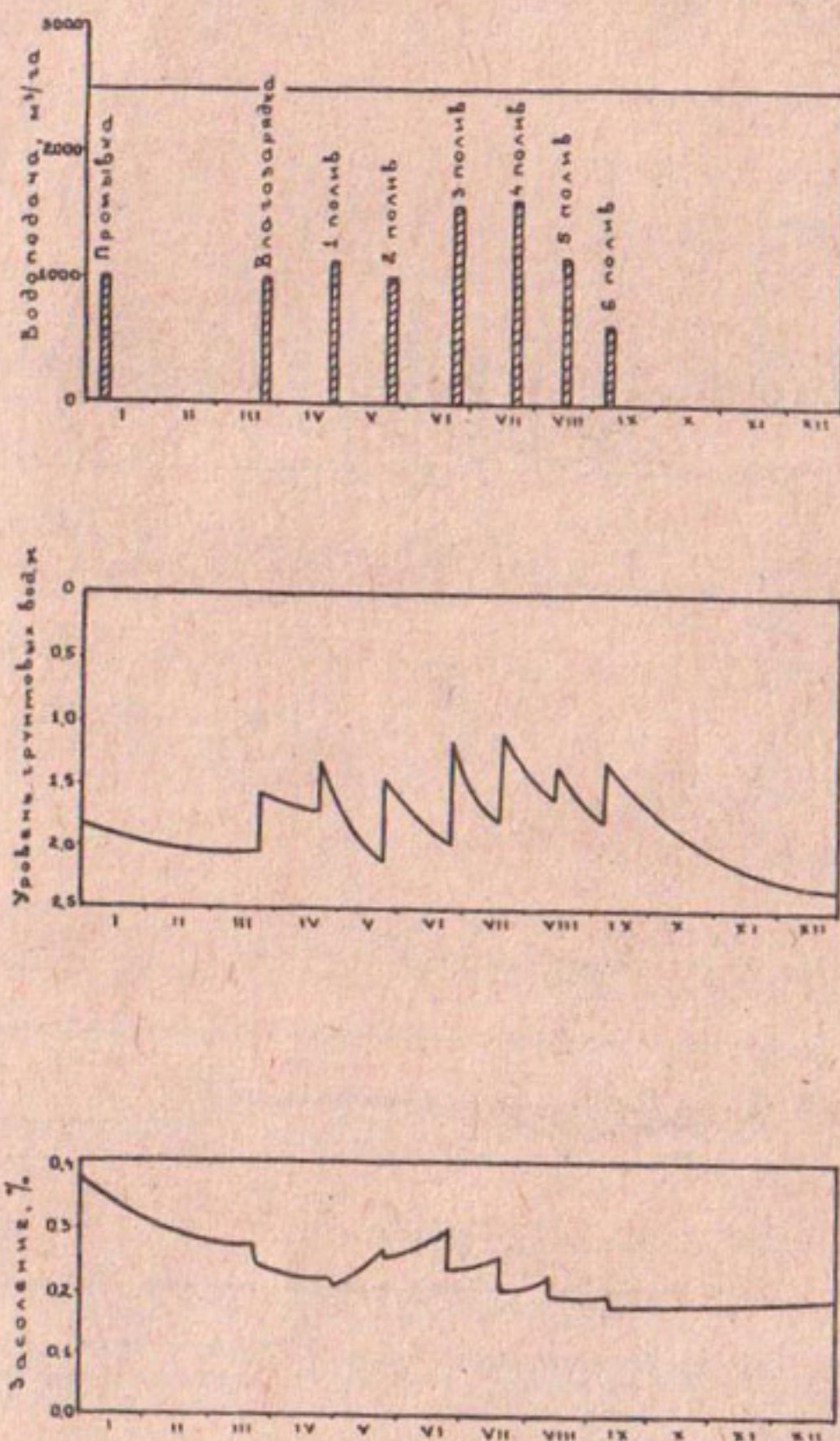


Рис. I. Динамика водно-солевого режима зоны аэрации в условиях однослойной толщи почвогрунтов (мощность слоя 20 м, междурядное расстояние 70 м).

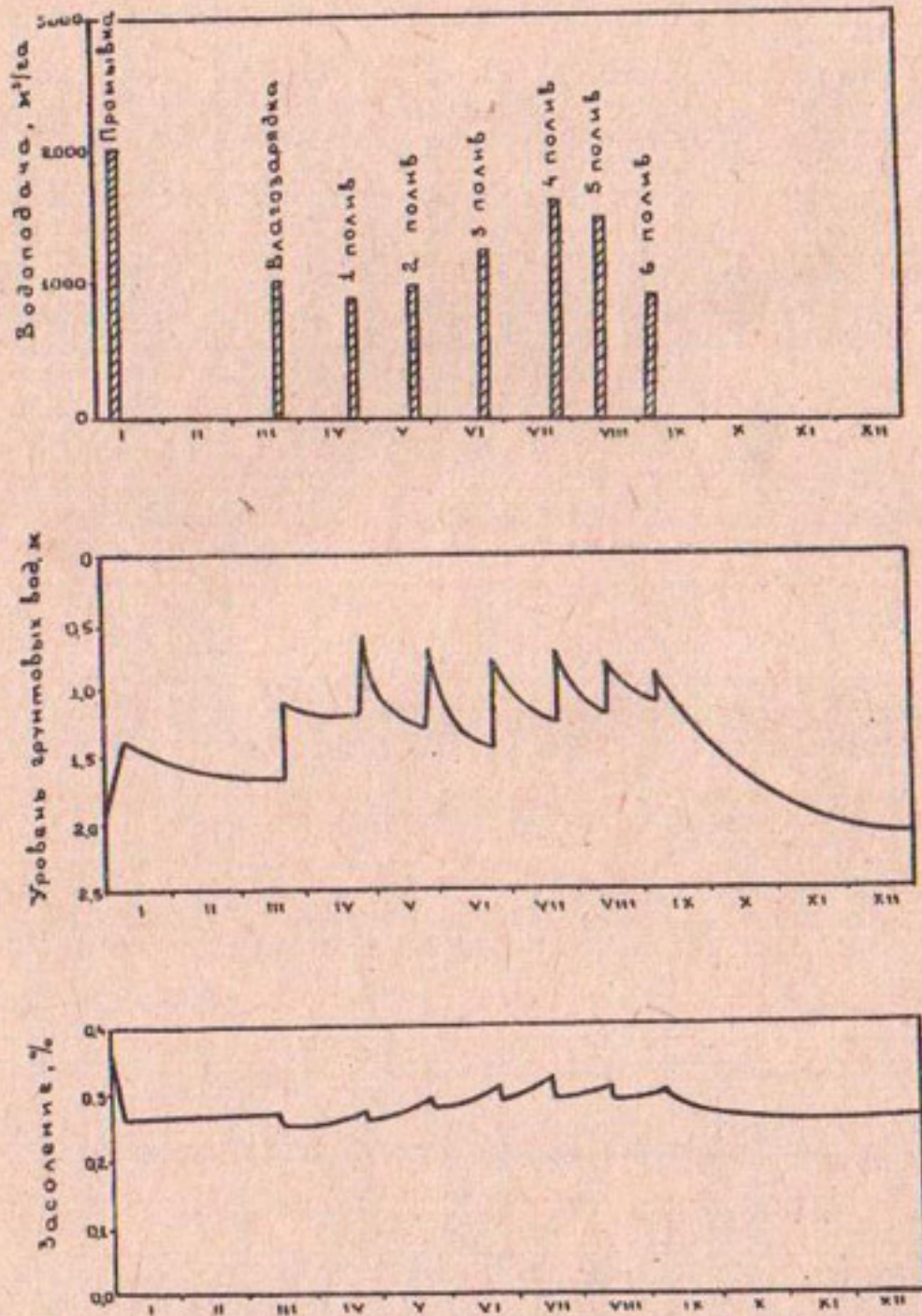


Рис.2. Динамика водно-солевого режима зоны аэрации в условиях двухслойной толщи почвогрунтов (мощность покровного слоя 1,5 м, междреннее расстояние 400 м).

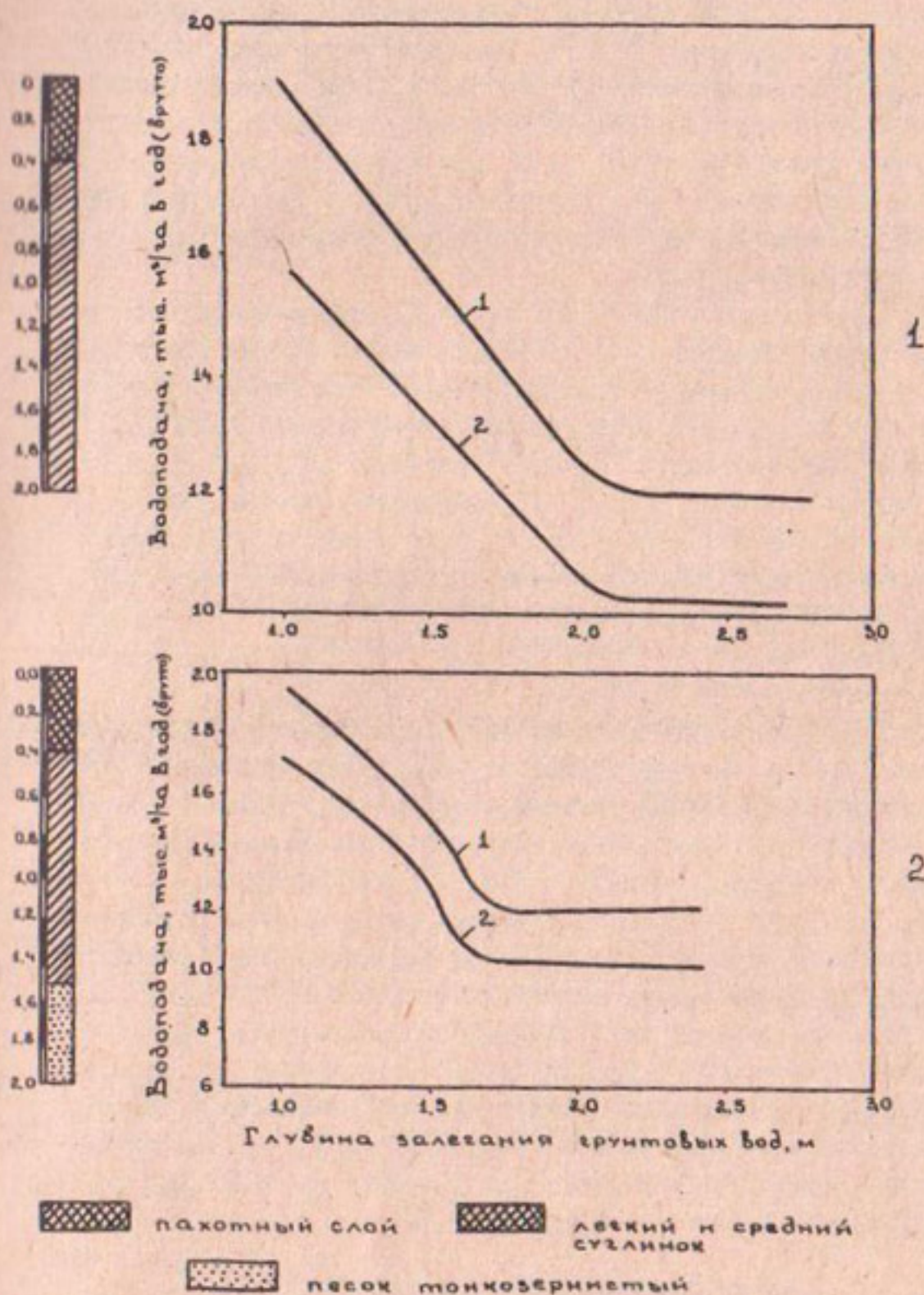


Рис.3. Зависимость водоподачи от глубины залегания грунтовых вод при однослойном (1) и двухслойном (2) строении зоны аэрации и различных значениях КПД внутрихозяйственной сети: 1 - КПД 0,75 (на ближайшую перспективу); 2 - КПД 0,88 (на отдаленную перспективу).

Распределение оросительных норм по времени в зависимости от глубины залегания грунтовых вод приняты по рекомендациям Средазгипроводхлопка /8/ с последующей корректировкой их по результатам прогноза водно-солевого режима. Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети в настоящее время составляет 0,65. Для прогнозных расчетов водно-солевого режима и определения нагрузки на дренаж на ближайшую перспективу КПД внутрихозяйственной сети принят 0,75, на более отдаленную — 0,88.

В общем случае определение глубины заложения дренажа должно осуществляться на основе оптимизации параметров гидромелиоративной системы исходя из минимума приведенных затрат на ее строительство и эксплуатацию с учетом рационального использования земельных, водных и трудовых ресурсов.

Однако учитывая слабую расчлененность рельефа, необеспеченность земель достаточно устойчивыми и глубокими водоприемниками, выбор глубины заложения дренажа осуществлялся подбором. Глубина дрен принималась минимальной для обеспечения оптимальных глубин залегания УГВ с учетом реальных возможностей водоприемников.

В качестве критерия оптимизации были приняты минимальные затраты воды на единицу орошаемой площади в зависимости от КПД внутрихозяйственной системы и выбранной глубины заложения дренажа (для однослойного строения зоны аэрации глубина заложения дренажа составила 2,5 м, для двухслойного — 2,1 м).

Расчеты прогнозов водно-солевого режима корнеобитаемого слоя для ряда вариантов по глубинам залегания УГВ и соответствующим им оросительным нормам и режимам орошения показали, что уже после первого года орошения обеспечивается практически полное рассоление корнеобитаемого слоя (рис.1,2). Причем минимальные затраты воды достигаются для однослойной толщи при глубине залегания уровня грунтовых вод 2,1 м, для двухслойной — при 1,6 м с учетом всех принятых значений КПД внутрихозяйственной оросительной системы (рис.3).

Список использованной литературы

- I. Материалы Всесоюзного совещания по борьбе с засолением орошаемых земель. — Ташкент, 1965.

2. Якубов Х.И., Курбанбаев Е., Петракова С.К. Водно-солевой режим почв северной зоны Каракалпакии и пути его регулирования. - Нукус: Каракалпакистан, 1985. - 95 с.
3. Рекс Л.М., Якиревич А.М. Расчет водно-солевого режима орошаемых земель. Инструкция к программе WASTR-I./ВНИИТМ - 1986.
4. Рамазанов А.Р., Курбанбаев Е., Якубов Х.И. Некоторые вопросы мелиорации низовьев Амударьи. - Нукус: Каракалпакистан, 1978. - 216 с.
5. Духовный В.А., Милькис Б.Е. Уточнение методики расчетов водопотребления на орошение в аридной зоне, их практическое применение и задачи научных исследований//Сб.науч.тр./Среднеаз.НИИ ирригации. - 1975. - Вып.144. - С.36-48.
6. Духовный В.А. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. - М.: Колос, 1984. - 255 с.
7. Насонов В.Г., Закс И.А. Прогноз водного режима зоны аэрации на орошаемых землях//Сб.науч.тр./Среднеаз.НИИ ирригации. - 1984. - Вып.169. - С.32-38.
8. Шредер В.Р., Сафонов В.Ф., Васильев И.К. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. - Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1970. - 292 с.

РЕФЕРАТЫ

к сборнику научных трудов "Совершенствование
эксплуатации дренажных систем"

УДК 631.674.3

Современные подходы к дренированию орошаемых земель
за рубежом. Духовный В.А., Духовный Д.В.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с.3-23.

В статье обоснована решающая роль дренажа в управлении
водными и другими режимами, влияние его на общую продуктивность
сельскохозяйственного производства. Проведена сравнительная
оценка работы дренажа у нас в стране и в некоторых зарубежных
странах.

Сопоставление позволяет констатировать факт научного и
временного приоритета наших исследований в области теории
дренажа орошаемых земель, конструкции дренажных технологических и
конструктивных решений механизмов даже по сравнению с такими
передовыми в этом отношении странами, как США, ФРГ, Канада
и др.

Иллюстр. I, библиогр. I2

УДК 626.862.4

Пути повышения эксплуатационной надежности систем верти-
кального дренажа (на примере северо-западной части Голодной
степи). Якубов Х.И., Икрамов Р.К., Зайнутдинова Н.Х., Азенов М.У.
Сборник научных трудов, Ташкент, 1987, с. 23-35.

Дана общая картина состояния эксплуатации вертикального
дренажа в Средней Азии; усовершенствование конструкции скважины,
увеличение КПР за счет сокращения простоев, проведения ремонтно-
восстановительных работ на скважинах.

Приводятся результаты расчета сроков и объемов восстано-
вительных работ с одновременным осуществлением мероприятий по
повышению КПР для северо-западной части Голодной степи.

Табл. I, иллюстр. 4, библиогр. 4.

УДК 631.62

К вопросу совершенствования организации служб эксплуатации коллекторно-дренажной сети. Батурин Г.Е.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 35-43.

Рассмотрены пути повышения сохранности коллекторно-дренажной сети и вопросы совершенствования организационных форм ее эксплуатации.

Табл.2, илл.стр.1.

УДК 626.862.4

Вопросы повышения надежности закрытого дренажа на малоррируемых землях. Батурин Г.Е., Горошков Н.И., Галустян А.Г. Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 43-48.

Дана оценка новым искусственным защитно-фильтрующим материалам и приведены рекомендации по их использованию в конструкции закрытого горизонтального дренажа из пластмассовых труб, укладываемых механизированным способом.

Табл.3, библ.5.

УДК 626.862.4

Расчет вертикального дренажа в условиях дренирующего действия открытых коллекторов. Насонов В.Г., Закс И.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с.48-59.

Проанализирована эффективность вертикального дренажа на территории I очереди освоения Каршинской степи. Установлена высокая дренирующая способность открытых коллекторов и разработана методика расчета совместного их водопонизительного действия со скважинами вертикального дренажа.

Илл.стр.2, библ.6.

УДК 626.262.4

Методика расчета страхового запаса оборудования при эксплуатации систем вертикального дренажа. Зайнутдинова Н.Х.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 59-63.

Так как основой планирования материально-технических ресурсов является укомплектованный режим откачек СВД, который предполагает неравномерное распределение нагрузки на дренаж в разрезе года, возникает необходимость в страховом запасе оборудования, с помощью которого можно будет компенсировать некоторое превышение потребности в оборудовании по сравнению со средним значением. Расчет производится с учетом эксплуатационной надежности скважин ВД.

Табл. I, библи. 2.

УДК 626.86

К вопросу обоснования режима откачек систем скважин двойного назначения для предгорных равнин. Сорокина И.А., Иваненко И.Г., Нуртаев Б.С.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 64-78.

Разработана методика расчета режима работы линейных систем скважин двойного назначения (оросительно-осушительных). На основании выполненных теоретических проработок произведен расчет режима откачек для действующей двухлинейной системы скважин, размещенных на территории I-II очередей освоения Дальварзинской степи.

Табл. 2, иллюстр. 4, библи. 3.

УДК 626.86.2.4

Определение экономически целесообразного дебита скважины вертикального дренажа. Якубов Х.И., Кузьменко А.А., Насиров В.Т.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с.78-87

Рассматриваются варианты строительства и оборудования скважин с различным дебитом на участке вертикального дренажа. Используя метод сравнительной экономической эффективности, доказана целесообразность строительства скважин с максимальным для конкретных гидрогеологических условий дебитом.

Иллюстр.3, табл.4, библи.2.

УДК 626.862.4:626.833

Экономическая оценка допустимого снижения эксплуатационных параметров насосных установок скважин вертикального дренажа. Якубов Х.И., Кузьменко А.А., Насиров В.Т.

Сборник научных трудов, Ташкент, 1987, САНИИРИ, с.88-93.

Указывается на отсутствие диагностических приборов и научно обоснованных норм снижения параметров УВД. Используя экономический критерий оптимальности, установлено что основным параметр, определяющий отказ — подача насоса. Получены номограммы, по которым для конкретных условий эксплуатации с учетом затрат на ремонт и создание скважинных установок можно определить допустимую величину снижения подачи (дебита).

Иллюстр.2.

УДК 626.262.4:626.833

Энергосберегающие способы регулирования погружных насосов на скважинах вертикального дренажа. Кузьменко А.А., Полинова Е.С. Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 93-100.

Предложен новый способ регулирования параметров погружных насосов на скважинах вертикального дренажа. Обоснованы преимущества предлагаемого способа по сравнению с ранее применявшимися: дросселированием в трубопроводе, подрезкой рабочего колеса, снятием ступеней насоса, впуском воздуха и др.

Сброс по "малому контуру" обеспечивает снижение энергетических затрат и может быть рассмотрен как эффективный способ регулирования насосных установок.

Иллюстр. 4, библи.3.

УДК 626.262.4

Планирование ремонтно-восстановительных работ открытого горизонтального дренажа в зоне старого орошения Сырдарьинской области УзССР. Икрамов Р.К., Гаипназаров Н.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 101-107.

Путем статистического анализа материалов эксплуатационных организаций определены частота очистки и интенсивность заиливания КДС в различных типах почво-грунтовых профилей, которые могут быть использованы при планировании очистки КДС и распределении механизмов.

Табл.4, иллюстр.1, библи.7.

УДК 626.862.4

К вопросу изучения кольматажа в скважинах вертикального дренажа. Ахмедов И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 108-113.

Разработана методика отбора проб для химического анализа кольматанта, взятого из скважин вертикального дренажа. Определено структурное изменение элементов кольматанта, расположенных по конструктивным оборудованиям скважины. Отмечена зависимость состава кольматанта от минерализации воды, откачиваемой скважинами вертикального дренажа.

Табл.2, библи.3.

УДК 626.862.4

Совершенствование ремонтно-восстановительных работ на скважинах вертикального дренажа. Ахмедов И.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с. 114-121.

Приведены результаты ремонтно-восстановительных работ по восстановлению дебита скважин вертикального дренажа с помощью различных механических устройств. Предложена новая конструкция "ерша",

позволяющая еще более повысить дебит скважин. На основе производственных испытаний составлена технологическая карта производства ремонтно-восстановительных работ.

Табл.2, иллюстр.1, библиограф. 6.

УДК 626.862.4

Расчет эксплуатационных мероприятий на системах закрытого горизонтального дренажа. Гриднева Ю.К.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, г. с.122-130.

Рассматриваются вопросы, связанные с определением объема восстановления (реконструкции) закрытого горизонтального дренажа в эксплуатационный период. Расчет основан на методике фильтрационных сопротивлений. В предлагаемой методике приводятся формулы решения для наиболее характерных видов отказа на системах закрытого горизонтального дренажа.

Иллюстр.3, библиограф.4.

УДК 626.862.7

Механизация очистки откосов открытых коллекторов от растительности. Саруханов П.Я., Хегай В.В., Наганова О.Ю.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с.130-134.

Приведены возможные схемы движения косилки КОК-С, созданной в ИСКБ по ирригации. На основании распределения затрат времени и технических показателей косилки определена зависимость производительности от длины гона.

Предложены варианты изменений в конструкции косилки для повышения ее производительности.

Табл.1, иллюстр.3, библиограф.3.

УДК 626.862.4.

Оценка возможностей гидродинамического способа очистки закрытых горизонтальных дрен. Бердянский В.Н. [Юсупбеков М.А.]

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с.135-142

Рассмотрены зависимости и взаимосвязи формы и размеров дренажных трубопроводов, их перфораций с направлением и величиной напора размывающих струй; величина максимального гравитационного расхода воды по дренажной линии труб, когда их полость свободна и когда в ней находится водопадающий рукав разных диаметров; критические скорости транспортирования различных по механическому составу грунтов; расходы насосов, используемых для дренажнопромывочных машин, их возможности или несоответствие для очистки трубчатой линии дрен различных диаметров. По приведенным данным сделана оценка возможностей гидродинамического способа очистки закрытых дрен.

Табл.6, библи.6.

УДК 626.826.3

О гидравлике фильтров дренажных систем. Насонов В.Г.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, 142-150.

В статье дан анализ гидравлики дренажных скважин в зависимости от параметров фильтра.

Библи.20.

УДК 631.6

Оптимизация мелиоративного режима на орошаемых землях северной части ККАССР. Рамазанов А.Р., Закс И.А.

Сборник научных трудов, Ташкент, САНИИРИ, 1987, с.151-159.

На основании модели влагосолепереноса рассчитан оптимальным мелиоративный режим и уровни залегания грунтовых вод, обеспечивающие минимум затрат воды на единицу площади.

Табл.1., иллюстр.3, библи.8.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Духовный В.А. Духовный Д.В. Современные подходы к дренированию орошаемых земель за рубежом	3
2. Якубов Х.И., Икрамов Р.К., Зайнутдинова Н.Х., Азенов М.У. Пути повышения эксплуатационной надежности систем вертикального дренажа	23
3. Батурин Г.Е. К вопросу совершенствования организации службы эксплуатации коллекторно-дренажной сети ...	35
4. Батурин Г.Е., Горошков Н.И., Галустян А.Г. Вопросы повышения надежности закрытого дренажа на мелиорируемых землях	43
5. Насонов В.Г., Закс И.А. Расчет вертикального дренажа в условиях дренирующего действия открытых коллекторов	48
6. Зайнутдинова Н.Х. Методика расчета страхового запаса оборудования при эксплуатации систем вертикального дренажа	59
7. Сорокина И.А., Иваненко И.Г., Нуртаев Б.С. К вопросу обоснования режима откачек систем скважин двойного назначения для предгорных равнин	64
8. Якубов Х.И., Кузьменко А.А., Насилов В.Т. Определение экономически целесообразного дебита скважины вертикального дренажа	78
9. Якубов Х.И., Кузьменко А.А., Насилов В.Т. Экономическая оценка допустимого снижения эксплуатационных параметров насосных установок скважины вертикального дренажа	88
10. Кузьменко А.А., Полинова Е.С. Энергосберегающие способы регулирования погружных насосов на скважинах вертикального дренажа	93
II. Икрамов Р.Х., Гаипназаров Н. Планирование ремонтно-восстановительных работ открытого горизонтального дренажа в зоне старого орошения Сырдарьинской области УзССР	101
12. Ахмедов И. К вопросу изучения колыматажа в скважинах вертикального дренажа	108

I3. А х м е д о в И. Совершенствование ремонтно-восстановительных работ на скважинах вертикального дренажа	II4
I4. Г р и д н е в а Ю.К. Расчет эксплуатационных мероприятий на системах закрытого горизонтального дренажа.....	I22
I5. С а р у х а н о в П.Я., Х е г а й В.В. Н а г а н о - в а О.Ю. Механизация очистки откосов открытых коллек- торов от растительности	I30
I6. Б е р д я н с к и й В.Н., Ю с у п б е к о в М.А. Оценка возможностей гидродинамического способа очистки закрытых горизонтальных дрен	I35
I7. Н а с о н о в В.Г. О гидравлике фильтров дренажных скважин	I42
I8. Р а м а з а н о в А.Р., З а к с И.А. Оптимизация мелиоративного режима по орошаемым землям северной части ККАССР	I5I
РЕФЕРАТЫ	I60

Св.план 1987 г., поз.12

Редакторы:

Володина Д.Х., Меркина А.С., Ялфимова Е.Я.

Техред. Попова Р.Ф.

Р 18304 Подписано в печать 28.12.87 Формат бумаги 60х90 1/16
Уч.изд.л. 6,0 Заказ № 1040 Тираж 400 экз. Цена 0-75

Картфабрика института "Узгипрозем",
Ташкент, Муками, 182