

Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
САНИИРИ (НПО САНИИРИ)

На правах рукописи

ЗАЙНУТДИНОВА НУРИЯ ХАННАНОВНА

УДК 626.862.4

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО
ДРЕНАЖА

Специальность 06.01.02 – Мелиорация и орошаемое
земледелие

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ташкент – 1988

Венгелину Викторовичу!
Дансе не верится, Венгели, что всё такше-
но.

Работа выполнена в Среднеазиатском Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском институте ирригации им. В. Д. Журина НИО САНИРИ.

Научный руководитель — лауреат Государственной премии УзССР им. А. Р. Беруки, заслуженный ирригатор УзССР кандидат технических наук Х. И. Якубов.

Официальные оппоненты: Заслуженный деятель науки и техники, доктор техн. наук, профессор А. А. РАЧЕНСКИЙ
Заслуженный ирригатор, кандидат технических наук С. А. ПОЛИНОВ.

Ведущая организация — Узбекский государственный проектный институт "Узгипроводхоз".

Защита состоится "11" января 1989 г. в 14 час. на заседании специализированного Совета К 099.02.02 по присуждению ученой степени кандидата наук Среднеазиатского Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института ирригации им. В. Д. Журина (САНИРИ).

Адрес: 700187, г. Ташкент, М-в Кирасу-4, дом 11, САНИРИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "___" _____ 1988 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат сельхоз. наук

В. Г. ЛУНЬ

- 3 -

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последовательно осуществляемых партией и правительством мерах по дальнейшему развитию сельского хозяйства особое внимание уделяется вопросам повышения продуктивности мелиорируемых земель, долговечности и надежности эксплуатируемых оросительных систем и сооружений, а также капиталовложений.

При мелиорации засоленных земель широкое развитие получил вертикальный дренаж. В настоящее время только в республиках Средней Азии и южной части Казахстана построено и действует в различных природных условиях свыше 6,0 тыс. скважин. Опыт эксплуатации показал, что мелиоративная эффективность системы вертикального дренажа (СВД) зависит от ее работоспособности, определяемой производительностью скважин, эксплуатационной надежностью технологического оборудования. Существенное влияние на эксплуатационную надежность технологического оборудования скважин оказывает уровень организации их эксплуатации. Основным требованием, предъявляемым к эксплуатации СВД является обеспечение прогнозного режима отбора объемов подземных вод, удовлетворяющего оптимальному водно-солевому балансу орошаемых земель, исходя из которых устанавливается продолжительность работы системы.

В настоящее время при проектировании систем вертикального дренажа, величина коэффициента полезной работы (КПР) устанавливается только в зависимости от периода работы не менее 0,8 ("Инструкция по эксплуатации систем дренажа"). Данный коэффициент закладывается без учета реальных условий эксплуатации и уровня надежности скважин. На практике коэффициент полезной работы рассчитывается на основе суммирования отдельных видов простоев, получаемых в результате длительного наблюдения за работой скважин и несет определенную информацию об отказах, но затруднена обратная связь, необходимая для анализа и принятия мер по повышению эффективности работы системы. Наблюдаемое повсеместно снижение фактических значений КПР, по сравнению с проектными, вызвано простоями скважин по различным причинам, главными из них, по удельному весу, являются простои, связанные с отказами насосно-силового оборудования, которые составляют 59,3% от всех видов простоев, и из-за несвоевременного устранения отказов ввиду необеспеченности материально-техническими ресурсами.

Эти обстоятельства приводят к снижению дренажной способности ороша-

ных земель, наблюдается подъем уровня грунтовых вод и вторичное засоление земель, в результате чего ухудшаются условия для возделывания сельскохозяйственных культур, снижается урожайность.

В связи с этим проблема изучения причин низкой эксплуатационной надежности скважин и разработка путей повышения их работоспособности приобретает особую актуальность.

Одной из причин низкой эксплуатационной надежности является несовершенство эксплуатационных и ремонтных служб, которое выражается в отсутствии научно-обоснованных рекомендаций по планированию материально-технических средств, необходимых для поддержания требуемой продолжительности работы скважин.

Цель и задачи исследований. Целью данной работы является исследование и обоснование показателей эксплуатационной надежности скважин и разработка на их основе научно-обоснованных рекомендаций по повышению эффективности функционирования СВД. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать причины и определить структуру простоев СВД;
- исследовать и обосновать перечень показателей эксплуатационной надежности скважин ВД, определить аналитические выражения для их количественной оценки;
- выявить факторы и исследовать степень их влияния на показатели эксплуатационной надежности при различных условиях эксплуатации скважин ВД;
- установить зависимости КИР исходя из найденных показателей эксплуатационной надежности скважин ВД с учетом гидрогеологических, технологических и эксплуатационных условий;
- разработать методику планирования материально-технических ресурсов с учетом показателей эксплуатационной надежности, предназначенную для обеспечения прогнозных режимов откачек скважин ВД.

Методика исследований. При сборе материалов об отказах скважин обеспечивалась однородность и сопоставимость исходных данных, т.е. сбор данных проводился сразу после отказа по группам скважин, не имеющих конструктивных различий и эксплуатируемых в почти идентичных условиях. Для определения законов распределения времени между отказами, а также времени безотказной работы скважины и насосно-силового оборудования с учетом различающихся факторов, влияющих на эти показатели, применялись методы математической статистики. Степень близости теоретических и эмпирических функций распределения проверялась с помощью критерия согласия Пирсона.

При обосновании режима работы СВД, работоспособность последней оценивали по направленности мелиоративных процессов, устанавливаемых водно-солевым балансом.

Результаты экспериментальных исследований обрабатывались методами математической статистики с использованием ЭВМ.

Научная новизна. Установлена структура простоев всех элементов скважины.

Получены зависимости между интенсивностью отказов насосно-силового оборудования и техническим уровнем строительства скважины, а также гидрогеологическими параметрами водоносного пласта.

Предложена методика расчета продолжительности простоев скважины и системы в течение года с учетом показателей эксплуатационной надежности всех элементов скважины.

Разработана методика планирования материально-технических средств, необходимых для обеспечения прогнозного режима отбора объемов подземных вод, учитывающая уровень эксплуатационной надежности скважин.

Практическая ценность и реализация работы, выполненной за период 1977-1983 гг. по проблеме 0.04, задания 07.01, 1986-1987 гг. по проблеме 0.11, задания 01.01 и хозяйственным с Джатсайским управлением эксплуатации вертикального дренажа, заключается в разработке и реализации мероприятий, обеспечивающих повышение работоспособности систем вертикального дренажа. Разработана методика расчета требуемой обеспеченности материально-техническими средствами для достижения прогнозных значений КИР. Пример расчета требуемых объемов материально-технических средств осуществлялся по Джатсайскому и Пактавральскому районам Чимкентской области Каз.ССР.

По результатам исследований и разработок была составлена "Руководящая инструкция по обоснованию материально-технических средств для обслуживания систем вертикального дренажа и "Рекомендации по регулированию водоотведения с учетом использования дренажно-сборных вод на поливы в Бухарской области", утвержденными ММБХ УзССР (1984г.) и ОПВХ Бухарской области (1986г.).

Основные защитные положения:

1. Анализ структуры простоев всех элементов скважины и причин низкого уровня эксплуатации крупных систем вертикального дренажа.
2. Закономерности и прогноз интенсивности отказов насосно-силового оборудования в зависимости от технического уровня строительства скважины и гидрогеологических параметров водоносного комплекса.

3. Методика расчета продолжительности простоев скважин и систем в течение года с учетом показателей надежности всех элементов скважины.

4. Методика планирования материально-технических средств, необходимых для обеспечения прогнозного режима работы СВД.

Апробация. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технической конференции ТИИИМСХ (г.Ташкент, 1984); Всесоюзных координационных совещаниях по повышению надежности гидромелиоративных систем (Красноярск, 1983, Тбилиси 1988); заседании НТС ММБХ УзССР (г.Ташкент, 1985), а также на заседаниях Ученого совета секции мелиорации орошаемых земель и водохозяйственных проблем САНИИРИ (г.Ташкент, 1978...1987 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, приложения и списка использованной литературы, включающего 169 наименований. Текст работы объемом 192 страниц машинописного текста сопровождается 43 таблицами и 25 рисунками.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дана характеристика современного состояния эксплуатации систем вертикального дренажа. В пределах Средней Азии, Южного Казахстана и Юга Украины эксплуатируются крупные СВД, имеющие в своем составе (от 200 до 850 скважин). Эффективность применения вертикального дренажа зависит от правильной организации эксплуатации системы, которая должна обеспечить на орошаемых землях мелиоративный режим почв.

На основании материалов наблюдений за работой скважин, накопленных в эксплуатационных организациях и в САНИИРИ, дан анализ работы скважин вертикального дренажа. При проектировании систем величина коэффициента полезной работы (КПР), устанавливается в зависимости от периода эксплуатации согласно "Инструкции по эксплуатации СВД" не менее 0,8. Фактическая величина КПР по системам составляет 0,52...0,75 в северо-восточной части Голодной степи и 0,16...0,25 в северо-западной, что приводит к снижению эффективности работы систем вертикального дренажа.

Так, исследования мелиоративной эффективности СВД, проводимые в САНИИРИ (Корелис Л., Якубов Х.И.) показали, что со строительством

скважин в совхозе "Пахтаарал" через 5-6 лет эксплуатации с КПР = 0,55...0,59, площадь засоленных земель снизилась с 44 % до 6,25 %. Однако, начиная с 1975 г. КПР резко уменьшился и в течение следующих 10 лет не превышал 0,32, опускаясь в отдельные годы до 0,16. В результате к 1985 г. повсеместно произошла реставрация засоления земель, площадь которых достигла 37 %.

Анализ работы скважин, расположенных в УзССР, Каз.ССР, на Юге Украины, показал, что наибольший удельный вес занимают простои, связанные с отказами насосно-силового оборудования и отсутствием момент откачки исправных агрегатов - 25,3...61,2 % от всех простоев, простои из-за отказов гидротехнических сооружений и отводящей сети - 4,4...29,3 %, электрооборудования и прочих технических причин - 3,0...5,6 %, отсутствия электроэнергии - 13,6...35,3 %, по просьбе хозяйства - 2,1...51,5 %.

Одной из основных причин отказов электронасосов является пескование скважин, вызываемое использованием немаркированного гранулометрического состава фильтровой обсыпки и особенностями водоносного пласта.

Простои вызваны отказами того или иного элемента скважин, а ее продолжительность - временем устранения этих отказов, которые в свою очередь зависят от оперативности службы эксплуатации, обеспеченности ее материально-техническими ресурсами. Продолжительность одного простоя из-за отказа насосно-силового оборудования в различных системах колеблется от 120 до 1400 часов.

Простои, связанные с выходом из строя отдельных элементов скважин, можно в значительной мере снизить при наличии в момент отказа исправного агрегата и своевременную замену отказавшего.

Недостаток в обеспечении материально-технических средств возникает из-за того, что в настоящее время при планировании исходят из нормативного срока службы оборудования, так для электронасосов проектная наработка $T=6300$ час, а на практике составляет всего 2500-4500 час. Поступление новых агрегатов в счет амортизационных отчислений также ниже нормативных - 12...15 %, против 35 %.

Во второй главе изложено состояние изученности рассматриваемых вопросов, обоснование выбора объекта исследований и методика их проведения.

В настоящее время основным показателем эксплуатационной надежности, по которому оценивается эффективность работы СВД, является коэффициент полезной работы, определяемый отношением числа рабочих

ших скважин к общему их числу в КазССР, отношении фактической продолжительности работы скважины к проектной в УзССР и УССР. Значения КТР, полученные этими способами, как правило, оказываются завышенными. Величина КТР, определяемая по методике (САННИРИ) отношением фактической продолжительности работы (суммирование отдельных видов простоев) к календарной, требует длительного наблюдения за работой системы, не дает того потока информации о функционировании системы, который может дать разработка и применение показателей надежности скважин вертикального дренажа.

Впервые основные подотенения теории надежности применительно к мелиоративным системам сформулированы П.Е.Мирхулава.

К настоящему времени выполнен ряд работ, освещающих вопросы надежности гидротехнических сооружений (Н.С.Розанов, И.Б.Соколов, 1979), каналов (П.Е.Мирхулава, 1981, И.А.Долгушев, 1975), лотков (С.Ш.Зубешко, 1972), закрытых трубопроводов (Сюзводпроект, 1980), закрытого горизонтального дренажа (Н.Н.Хрисанов, В.А.Камбуров, 1978, Ф.В.Серебрянников, 1970; А.В.Мясков, А.Гурвич, 1976; В.В.Хогай, 1964).

Вопросами изучения надежности СВД занимались Х.И.Якубов, А.А.Абиров, И.Н.Кринько, А.И.Челусов, В.Н.Насиров, которыми отмечено сокращение продолжительности работы систем за счет увеличения простоев скважин, установлена качественная связь между пескованием и гранулометрическим составом фильтруемого пласта и гравийной обсыпкой, исследована надежность электронасосов, разработана математическая модель для определения длительности простоя систем, получены номограммы для определения оптимальных периодов между контрольными осмотрами и профилактическими ремонтами. Однако, во всех этих работах не затрагивались вопросы установления связи между интенсивностью отказов отдельных элементов скважин от различных технических и технологических факторов, планирования материально-техническими ресурсами, необходимых для оперативного обслуживания отказавших скважин.

В качестве объекта исследований приняты СВД расположенные в староорошаемой зоне Голодной степи, на Краснознаменной оросительной системе Херсонской области, скважины Кибрайского водозабора Ташкентской области. Эти системы одни из самых старых по продолжительности работы, ими охвачены различные по гидрогеологическим, технологическим, эксплуатационным условиям районы, что дает возможность оценить влияние этих факторов на эффективность функционирования систем. На основе изучения состояния вопроса нами были сделаны

выводы, сформулированы цель и задачи исследования и приведена методика проведения исследований.

В третьей главе с позиций теории надежности и с учетом реальных условий эксплуатации СВД найдены зависимости и определены количественные показатели эксплуатационной надежности скважины, исследована степень влияния различных факторов на эксплуатационную надежность, разработана методика прогнозирования КТР с учетом показателей надежности, при помощи которых выявлена зависимость КТР от гидрогеологических, технологических и эксплуатационных условий.

В основании работ П.Е.Мирхулава нами совместно с Х.И.Якубовым сформулировано понятие эксплуатационной надежности вертикального дренажа как поддержание такого технического уровня системы, при котором на орошаемых землях обеспечивается прогнозный мелиоративный режим почв. Для оценки эксплуатационной надежности системы предлагаются показатели и критерии, которые позволяют с одной стороны охарактеризовать мелиоративную эффективность, другой — техническую надежность (табл.1).

В результате статистической работы обработки данных работы по скважинам расположенным в Голодной степи установлено, что распределение времени безотказной работы скважины соответствует экспоненциальному закону

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

Параметр (λ) для северо-западной части Голодной степи составил 0,0147 1/сут, средняя наработка на отказ 68 сут.

На примере работы СВД в совхозе "Пахтаарал" была определена и сопоставлены значения показателей надежности отдельных скважин (табл.2).

В тех случаях, когда скважина работает постоянно в течение года и прерывается в основном по техническим причинам коэффициенты готовности и полезной работы близки между собой (скв. 57, 60, 71, 1972 г.); наличие простоев скважин из-за отсутствия электроэнергии и по просьбе хозяйства сразу отразилось на значениях этих коэффициентов: $K_r = 0,59$, $K_{TP} = 0,16$ (скв. 57, 1985 г.), что говорит об удовлетворительном техническом состоянии скважин и недостаточном использовании ее в течение года. В 1935 г. причиной простоев скв. 60 является неудовлетворительное техническое состояние скважины, так как $K_r = 0,118$, интенсивность отказов $\lambda = 0,121$, средняя наработка на отказ составляет 8,3 сут.

Следовательно, основным показателем, характеризующим эффектив-

Таблица 1

Показатели эксплуатационной надежности систем
вертикального дренажа

Показатели	Расчетная формула
Коэффициент сезонного изменения площадей грунтовых вод, их минерализации, засоленности и урожайности, K_c .	$K_c = \frac{S_i}{S_0}$
Коэффициент снижения производительности скважин, $K_{сп}$.	$K_{сп} = \frac{Q_{ф}}{Q_{нч.}}$
Коэффициент снижения мощности системы, $K_{см}$.	$K_{см} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{ф.i}}{\sum_{i=1}^N Q_{нч.i}}$
Коэффициент использования мощности системы, $K_{имс}$.	$K_{имс} = \frac{T_p \cdot \sum_{i=1}^N Q_{ф.i}}{T_k \cdot \sum_{i=1}^N Q_{нч.i}}$
Вероятность безотказной работы, $P(t)$.	$P(t) = 1 - F(t)$
Средняя наработка на отказ, $T_{ср}$.	$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{n}$
Интенсивность отказов, $\lambda(t)$.	$\lambda(t) = \frac{n}{\sum_{i=1}^N t_i}$
Среднее время восстановления, $\tau_{ср}$.	$\tau_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{n}$
Коэффициент готовности, K_r .	$K_r = \frac{t_p}{t_p + t_{рем}}$
Коэффициент полезной работы, КНР	$КНР = \frac{\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^N t_{в.ij}}{T_k \cdot N}$

Таблица 2

Показатели эксплуатационной надежности
скважин в совхозе "Пахтаарал"

№ сква- жин	Средняя наработ- ка на отказ, $T_{ср}, \text{сут.}$	Среднее время устране- ния от- каза, $\tau_{ср}, \text{сут.}$	Коэффи- циент го- товности, K_r	Коэффи- циент полез- ной работы, КНР	Интенсив- ность отка- зов скважины, $\lambda, 1/\text{сут.}$
----------------	---	--	--	---	---

КНР СВД = 0,57 (1972 г.)

57	42	5,75	0,927	0,805	0,0138
60	53,3	11,0	0,879	0,876	0,0187
71	94,3	25,67	0,789	0,775	0,0111

КНР СВД = 0,20 (1985 г.)

57	28,5	19,9	0,59	0,16	0,033
60	8,33	10,55	0,118	0,068	0,121
71	31,3	3,6	0,95	0,17	0,035

ность дренажа является КНР, но наличие показателей надежности поз-
воляет выявить причины низкой эффективности работы и принять меры
к их устранению.

Для исследования влияния различных факторов на работу скважи-
ны была разработана методика прогнозирования продолжительности про-
стоов скважины в течение года с учетом показателей надежности эле-
ментов последней. Величина КНР, определяемая по данной методике
рассчитывается по формуле

$$КНР = \frac{1}{1 + (\lambda \cdot \tau)_{эн} + (\lambda \cdot \tau)_{ср} + (\lambda \cdot \tau)_{а} + K_1 + K_2 + K_3}; \quad (1)$$

где $(\lambda \cdot \tau)$ - интенсивность отказов и время устранения отказов каж-
дого элемента скважины;

K_1, K_2, K_3 - соответственно, доля простоев от рабочего вре-
мени по другим техническим причинам, из-за отсутствия электроэнер-
гии и просьб хозяйств.

Результаты исследований показали следующее.

Вероятность безотказной работы при проектной (паспортной) на-
работке электронасоса 6300 часов. в мелкозернистых грунтах равня-
ется 0,04, что в 2,10, 3,9, 8,70 раз ниже чем в среднем - крупнозер-
нистых грунтах и галечниках.

В скважинах, у которых величина межслойного коэффициента гравийной обсыпки меняется от рекомендуемых 20-30 до > 50 , вероятность безотказной работы электронасосов при проектной наработке колеблется от 0,03 до 0,73 (табл.3).

Таблица 3

Вероятность безотказной работы электронасосов P (6300) при разном составе гравийной обсыпки

Значение межслойного коэффициента	Характерные частицы водоносного пласта	
	$d_{50} < 0,20$ мм	$d_{50} > 0,20$ мм
20-30	0,55	0,73
30-40	0,24	0,31
40-50	0,06	0,15
50	0,03	0,06

Вероятность безотказной работы электронасоса в непескующих скважинах при проектной наработке достигает 0,9 в галечниках, 0,58 - в мелкозернистых грунтах Кга Украины, а в аналогичных грунтах Голодной степи всего 0,2 (рис.1). Это объясняется применением немаркированного состава гравийной обсыпки и некачественным ремонтом насосно-силового оборудования.

Были получены зависимости между интенсивностью отказов электронасосов и гранулометрическим составом грунта водоносного пласта, гравийной обсыпки, пескованием (рис.2).

Результаты статистической обработки на ЕС-1035 показывают тесную связь между этими величинами.

Так между интенсивностью отказов электронасосов и гранулометрическим составом грунта водоносного пласта существует гиперболическая зависимость, которую можно выразить как

$$\lambda(d_{50}) = 0,703 + \frac{0,359}{d_{50}} \cdot \frac{1}{100d} \quad (2)$$

Интенсивность отказов электронасосов и пескование связаны полиномиальной зависимостью, которая представлена для интервалов

$$0 < K < 0,3\%, \quad K > 0,3\% \\ d_{50} < 0,2 \text{ мм}, \quad 0 < K < 0,3\%; \quad \lambda = 0,714 + 15,9K - 60,3K^2 + 85,9K^3 \cdot \frac{1}{100d} \quad (3)$$

$$K > 0,3\%; \quad \lambda = 2,06 + 2,23K \cdot \frac{1}{100d} \quad (4)$$

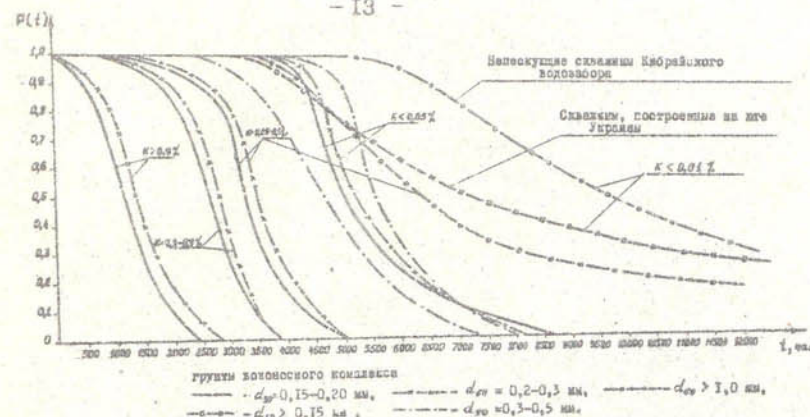


Рис.1. Вероятность безотказной работы электронасосов в водоносных грунтах при разном песковании скважин ВД

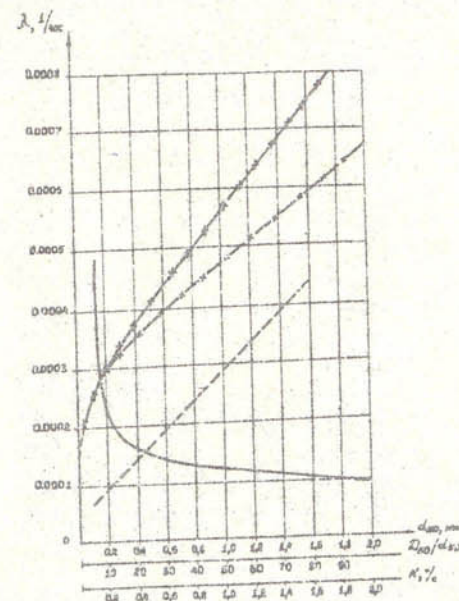


Рис.2. Зависимость интенсивности отказов электронасосов от литологии, состава гравийной обсыпки и пескования скважины в момент пуска. — d_{50} , — $d_{50} < 0,20$, — d_{50}/d_{50} , — $d_{50} > 0,20$

$$d_{50} > 0,2 \text{ мм}, 0 < K < 0,3\%; \lambda = 0,64 + 24,2K - 86,4K^2 + 135,6K^3, 1/\text{год} \quad (5)$$

$$K > 0,3\%; \lambda = 2,04 + 2,77K, 1/\text{год} \quad (6)$$

При этом корреляционные отношения равны соответственно 0,97, 0,89, 0,92, 0,88, 0,90, стандартные ошибки - 0,135, 0,04, 0,01, 0,01, 0,02, индексы корреляционного отношения - 0,94, 0,87, 0,89, 0,86, 0,87.

Между интенсивностью отказов электронасосов и межслойным коэффициентом выявлена линейная связь:

$$\lambda(A_{50}/d_{50}) = 0,35 + 0,051(A_{50}/d_{50}), 1/\text{год} \quad (7)$$

Для оценки степени влияния различных условий, влияющих на продолжительность работы скважины, для каждого варианта гранулометрического состава водоносного пласта, межслойного коэффициента, концентрации песка в момент пуска и времени устранения отказов оборудования были найдены пары зависимости КИР от каждого фактора (рис.3).

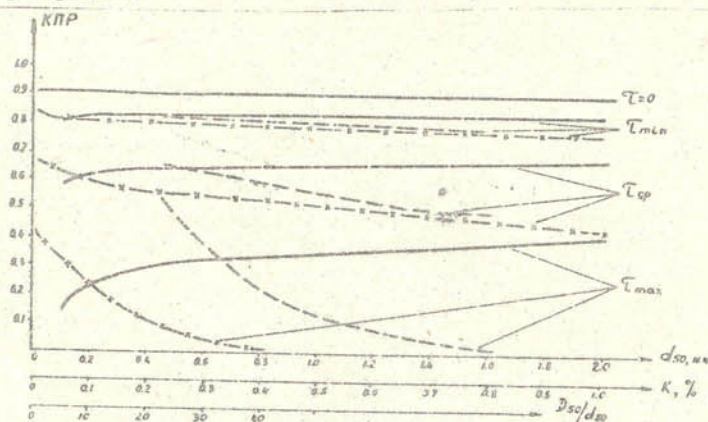


Рис.3. Зависимость КИР от гидрогеологических, технических, эксплуатационных условий

1. — d_{50} 2. — d_{50}/d_{50} 3. — K

При минимальных затратах времени устранения отказов всех элементов скважины величина КИР изменяется незначительно для всех случаев (1,02...1,1 раз). С ростом значений времени устранения отказов эта зависимость ярко выражена для всех вариантов. Сопоставле-

ние полученных результатов для различных условий показало, что при наличии достаточного объема обменного фонда оборудования и оперативности эксплуатационных служб КИР незначительно зависит от гранулометрического состава грунта водоносного пласта, гравийной обсыпки, пескования скважин.

Однако, выполненное технико-экономическое обоснование обсыпок показало, что ущерб от применения немаркированного гравийного фильтра на одну скважину при непрерывной работе в течение года колеблется от 653,0 до 3489,9 руб в год при изменении межслойного коэффициента от 35 до > 55.

В четвертой главе излагается методика планирования материально-технических средств, обеспечивающих прогнозный режим работы СВД, основанный на общих и частных водно-солевых балансах, с учетом показателей надежности.

Ниже приводится схема планирования материально-технических средств (рис.4).

Расчет требуемых объемов материально-технических средств ведется на основе составления и укомплектования режима откачек системы и проверки реализации прогнозного режима при существующем техническом состоянии скважины и обеспеченности обменным фондом оборудования.

Расчет режима откачек проводится с использованием методики водно-солевых балансов, учетом мелиоративного состояния земель, рекомендуемых для рассматриваемой территории режимов орошения, промывок земель и других агротехнических мероприятий, диапазонов регулирования глубин грунтовых вод по периодам года.

При комплектовании режима откачек месячная величина КИР определяется из следующей зависимости:

$$КИР = \frac{ДВ \cdot FВ}{q \cdot N \cdot 86,4 \cdot t \text{ мес}} \quad (8)$$

где $ДВ$ - объем откачиваемой воды в месяц, обеспечивающий прогнозный водно-солевой режим почв, м³/га;

$FВ$ - мелиорируемая площадь, м²;

q - средний расход одной скважины, м³/с;

N - количество скважин в системе.

Проверка реализации укомплектованного план-графика, осуществляется путем сопоставления полученной величины КИР с величинами, установленными на основе оценки надежности элементов скважины и анализе существующей обеспеченности материально-техническими средствами.

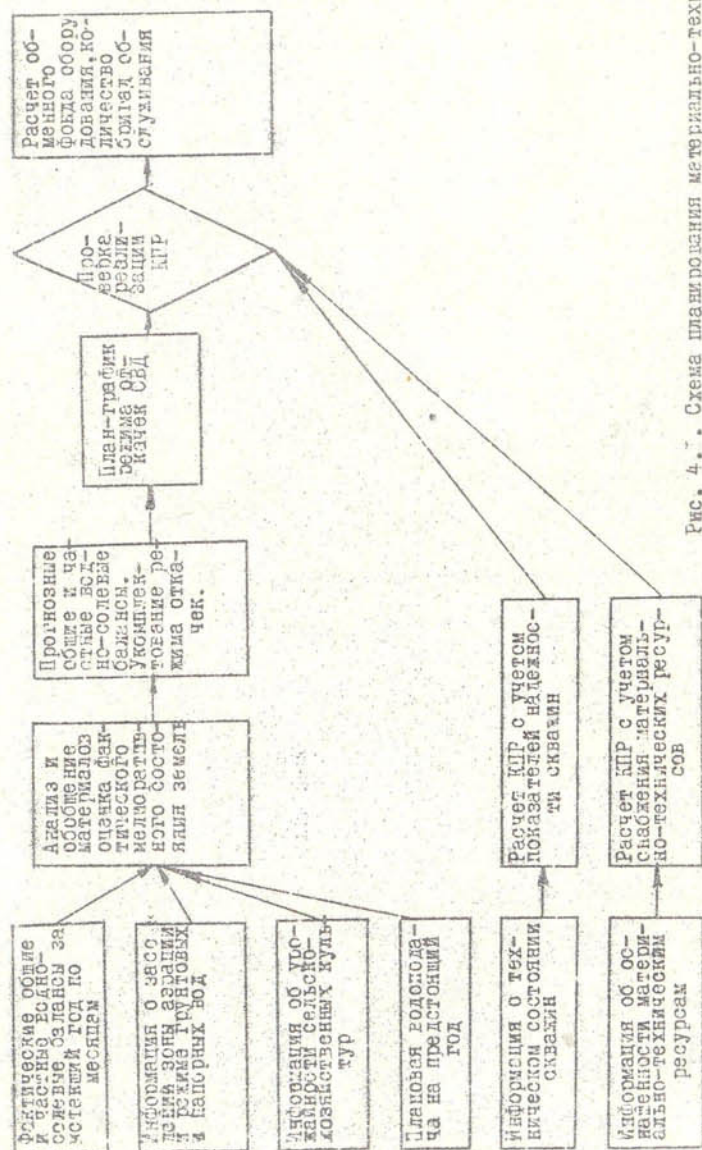


Рис. 4. Схема планирования материально-технических ресурсов систем вертикального дренажа в существующих условиях

Определение величины КИР, учитывающей техническое состояние скважин и уровень эксплуатации производим по формуле (I), а ниже приводим расчет величин составляющих это выражение.

Интенсивность отказов электронасосов. По имеющимся данным о межсложных коэффициентах определяется паскование скважин по зависимости полученной нами путем статистической обработки данных на ЕС 1035 и имеющей вид:

$$K = 0,381 - 0,035(A_{50}/d_{50}) - 0,85 \cdot 10^{-3}(A_{50}/d_{50})^2 \quad (9)$$

Затем определяем интенсивность отказов электронасосов для каждой скважины по уравнениям (3,4,5,6), выведенным для выборки, с которой имелось 15 % новых и 25 % агрегатов после капитального ремонта.

Средневыбросная величина интенсивности отказов электронасосов для всей СВД определяется по формуле:

$$A_{\Sigma}^{срб} = \frac{A_{1n} \cdot n_1 + A_{2n} \cdot n_2 + \dots + A_{\Sigma n} \cdot n_i}{n_1 + n_2 + n_3} \quad (10)$$

где n_1, n_2, n_i - количество скважин в СВД имеющих соответствующие значения межсложного коэффициента A_{50}/d_{50}

Время устранения отказа. Среднее время, затрачиваемое на устранение отказов каждого элемента, рассчитывается по формуле:

$$\bar{t}^{ср} = \frac{a^n \cdot \bar{t}^n + a^p \cdot \bar{t}^p + a^d \cdot \bar{t}^d}{a^n + a^p + a^d} \quad (11)$$

где a^n, a^p - число отказов, которые устранены соответственно, за счет исправных и отремонтированных агрегатов;

a^d - число отказов, которые не устранены из-за "дефицита" исправного элемента за отдельные интервалы времени t_j ;

$\bar{t}^n, \bar{t}^p$ - соответственно время, затраченное на устранение отказа при наличии исправного элемента и в случае его ремонта.

$$\bar{t}^n = \bar{t}_{обн} + \bar{t}_3 + \bar{t}_d + \bar{t}_м \quad (12)$$

$$\bar{t}^p = \bar{t}_{обн} + \bar{t}_3 + \bar{t}_d + \bar{t}_{ожж} + \bar{t}_р + \bar{t}_м \quad (13)$$

где $\bar{t}_{обн}, \bar{t}_3, \bar{t}_d, \bar{t}_{ожж}, \bar{t}_р$ - соответственно затраты времени на обнаружение отказа, подачу заявки, демонтаж, монтаж, ожидание ремонта и ремонта оборудования.

Интенсивность отказов станций управления принималась $A_{\Sigma} = 0,00016 \text{ 1/ч}$ (В.Т.Насиров, 1976).

Интенсивность отказов отводящей сети определялась по методике, разработанной совместно со Скрильниковым В.А.

$$A_{\text{св}} = \frac{N_r^n}{N_{\text{к.р}}^n}; \quad (14)$$

где $N_r^n = 100 - 400$ пусков в год (САНИИРИ)

$$N_{\text{к.р}}^n = \frac{4L \cdot \sqrt{2P} \cdot h_n^{1.5}}{gG}; \quad (15)$$

$N_{\text{к.р}}^n$ - количество пусков до критического заиливания лотка или обросной сети;

L - длина отводящего лотка, м;

h_n - глубина наносов в голове лотка, м;

P - гидравлический параметр, равный 2;

G - объем отложений за один пуск, м³, определяемый по выражению:

$$G = \frac{Q}{\gamma_n} \sum_{i=0}^t (P_i - P_0) \cdot t_i; \quad (16)$$

где P_0 - транспортирующая способность потока, г/л;

P_i - мутность потока в момент t_i , г/л;

Q - расход окважины, л/с.

Время устранения отказов (очистки) отводящей сети равняется

$$T_{\text{ос}} = T_{\text{обн}} + T_z + T_{\text{оч}}; \quad (17)$$

$$T_{\text{оч}} = \frac{G \cdot N_{\text{к.р}}^n \cdot H_{\text{бр}}}{n}; \quad (18)$$

где $H_{\text{бр}}$ - норма времени на разработку 1 м³ грунта I категории вручную, глубиной до 1 м, равная 0,85 часа;

n - продолжительность смены, ч.

Оценка обеспеченности эксплуатационной службы материально-техническими средствами производится путем сопоставления фактического обменного фонда с требуемым.

Величина КИР, определяемая с учетом снабжения системы новыми агрегатами в счет амортизационных отчислений и производительности ремонтной базы, рассчитывается по формуле

$$\text{КИР} = \frac{O_{\text{ф}}}{\lambda \cdot T_{\text{к}} \cdot N_{\text{скб}}}; \quad (19)$$

где $O_{\text{ф}}$ - фактический обменный фонд оборудования, который складывается из новых насосов, поступающих в счет амортизационных отчислений ($N_{\text{нов}}^n$) и отремонтированных ($N_{\text{отр}}^n$).

Если расчетные значения КИР $\ll$ КИР $_{\text{план}}$ задаваемого в плане, то можно продолжать эксплуатацию системы не проводя меро-

приятий по повышению эксплуатационной надежности системы. В противном случае следует провести технико-экономический расчет, сравнивая следующие варианты: первый - увеличение работоспособности системы за счет повышения производительности и строительством новых дополнительных окважин; второй - повышение значений КИР до требуемых по режиму отказов, обеспечивая при этом необходимый объем материально-технических средств.

Величина годового обменного фонда определяется ожидаемым числом отказов данного вида оборудования и внутригодовым распределением КИР, полученным в результате укрупненного режима отказов, неравномерность которого реализуется введением величины страхового запаса (C), как составляющей обменного фонда.

$$O_{\text{ф}} = N_{\text{нов}}^n + N_{\text{отр}}^n + C \quad (20)$$

Годовая производительность ремонтной базы рассчитывается по

$$M = A - N_{\text{нов}}^n = \lambda \cdot \text{КИР} \cdot N_{\text{скб}} - N_{\text{скб}} \cdot K_n \quad (21)$$

K_n - нормативный коэффициент.

Страховой запас оборудования ликвидирует дисбаланс вследствие неравномерности поступления ремонтного фонда оборудования и равномерной выдачи из ремонта в течение года, и определяется по формуле

$$C = \max \left\{ \begin{array}{l} \Delta C_j, \text{ если } (\Delta C_{j-1} + \Delta C_j) > 0 \\ \Delta C_{j-1} + \Delta C_j, \text{ если } (\Delta C_{j-1} + \Delta C_j) > 0 \end{array} \right\}; \quad (22)$$

$$\Delta C_j = (N_{\text{нов}}^n + N_{\text{отр}}^n) - a_j; \quad (23)$$

$$a_j = \lambda \cdot \text{КИР}_j \cdot T_j \cdot N_{\text{скб}}; \quad (24)$$

при $\Delta C_j > 0, C_j = 0$

Количество бригад обслуживания определяется отношением годового объема работ по выполнению монтажа-демонтажа оборудования (W) и годовому фонду времени на одного человека (t_p) и состава бригады

$$\bar{B} = \frac{W}{t_p \cdot n_{\text{б}}}; \quad (25)$$

$$W = \lambda \cdot T_{\text{к}} \cdot \text{КИР} \cdot N_{\text{скб}} \cdot H_{\text{бр}}; \quad (26)$$

$H_{\text{бр}}$ - норма времени на монтаж-демонтаж оборудования;

$n_{\text{б}}$ - число человек в бригаде.

На основе разработанной нами методики составлен алгоритм и

блок-схема для планирования требуемых объемов материально-технических ресурсов.

На примере системы вертикального дренажа Пахтааральского района, состоящей из 277 скважин, проведено обоснование величины обменного фонда электронасосов и количество бригад обслуживания.

В результате расчета режима откачек и составления план-графика работы скважин максимальная месячная величина КПР с октября по июнь равна 0,7. Далее проверяем возможность реализации ее в существующих условиях.

Оценка фактического технического состояния скважин и уровня эксплуатации показала, что можно достигнуть $K_{TP} = 0,63$, а с учетом оснащения — $K_{TP} = 0,35$, т.е. система не в состоянии обеспечить прогнозной дренируемости.

Проведенный технико-экономический расчет показал, что на данном этапе эксплуатации повышение КПР до среднегодовой величины, равной 0,59, выгодно путем строительства дополнительных скважин на 1069,2 тыс.руб. При этом для достижения максимальных месячных значений $K_{TP} = 0,70$ необходимо:

сократить время простоев из-за отсутствия электроэнергии до 28 %, против 40 %;

обеспечить обменный фонд равный 616 агрегатам, в том числе 97 против 49 новых агрегатов, 444 отремонтированных и 75 страхового запаса.

Экономический эффект от применения обменного фонда электронасосов по системе вертикального дренажа в Пахтааральском районе составит 1069,2 тыс.руб., или 18,4 руб на 1 га.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Для обеспечения дренируемости территории на засоленных и подверженных засолению землях широкое распространение получил вертикальный дренаж с помощью которого, регулируя объемы отбора подземных вод и интенсивности инфильтрационного питания, достигается оптимальный мелиоративный режим. Объем отбора подземных вод в годовом разрезе зависит от продолжительности эксплуатации системы, определяемой коэффициентом полезной работы, который зависит как от технического уровня системы, так и обеспеченности эксплуатационных служб материально-техническими средствами.

2. В настоящее время отсутствует научно-обоснованная методи-

ка определения необходимого объема материально-технических средств для поддержания требуемой продолжительности работы скважин, учитывающая реальные условия эксплуатации. Необходимость разработки такой методики диктуется большим удельным весом простоев по техническим причинам и перспективой развития строительства СВД.

3. Выполненные исследования по анализу существующих условий эксплуатации крупных систем вертикального дренажа показали несоответствие фактических значений $K_{TP} = 0,18...0,75$ с проектными — $0,6...0,85$. Установлено, что главной причиной простоев являются отказы насосно-силового оборудования (до 59,3 % от всех видов простоев).

4. В результате статистической обработки данных об отказах скважин вертикального дренажа определены количественные показатели надежности, которые позволяют быстро оценить эффективность действия их, в случае неудовлетворительной работы скважин принять меры по их устранению.

5. Исследование степени влияния различных условий на надежность и продолжительность работы скважин показало, что обобщающим фактором, характеризующим надежность, является пескование, возникающее вследствие использования немаркированного состава гравийной обсыпки и особенностей водоносного пласта, а продолжительность работы определяется в основном уровнем эксплуатации. При минимальном времени устранения отказов всех элементов, то есть наличии в момент отказа резервного оборудования величина КПР независимо от условий изменяется в пределах 2...10 %.

6. Основным методом устранения, пескования является применение маркированного состава гравийной обсыпки в зависимости от грунта водоносного пласта. Технико-экономическое обоснование выпуска маркированного состава гравийной обсыпки, выполненное с учетом показателей надежности показало, что эффект на одну скважину при непрерывной работе ее в течение года составляет 853,0...3489,9 руб в зависимости от величины межслойного коэффициента изменяющегося от 35 до 55.

7. В результате проведенных исследований выявлено наличие связи интенсивности отказов отводящей сети и электронасосов от пескования скважин. Зависимость $A = f(K)$ при $K > 0,3$ % имеет линейный характер, а при $K \leq 0,3$ % — параболический. Получены уравнения для различных гидрогеологических, технологических условий и на их основе разработана методика прогнозирования отказов

насосно-силового оборудования, отводящей сети, которая позволяет рассчитать и оценить продолжительность работы скважин в реальных условиях, и в конечном отчете необходимый объем обменного фонда.

8. Прогнозные расчеты общего и частных водно-солевых балансов показали тесную связь мелиоративных процессов от объема отбора подземных вод, т.е. режима работы СВД. Прогнозные объемы отбора подземных вод можно достичь как строительством дополнительных скважин, так и увеличением КПР путем создания требуемого объема обменного фонда агрегатов, что в каждом случае требует экономического обоснования.

9. На действующих системах вертикального дренажа материально-технических средств поступает недостаточно. Незначительное поступление новых агрегатов в счет амортизационных отчислений равное 12-15 %, против 35 % по "Нормам...", низкая мощность ремонтных предприятий и отсутствие страхового запаса необходимого для компенсации неравномерности внутригодовой нагрузки на систему, не обеспечивают потребности в исправном оборудовании. Это ведет к сокращению продолжительности работы скважин и невозможности реализовать расчетный режим откачек.

10. В результате проведенных исследований разработана методика планирования материально-технических средств, позволяющая: повысить эксплуатационную надежность СВД; обеспечить прогнозный режим откачек, удовлетворяющий оптимальному водно-соленому балансу на орошаемых землях; уточнить режим откачек за счет оценки технического состояния СВД.

11. Результаты исследований следует использовать в проектах по эксплуатации СВД для расчета производительности ремонтной базы, страхового запаса оборудования, количества бригад обслуживания и подъемно-транспортных средств; орудиям эксплуатации для ежегодного уточнения планирования материально-технических средств с учетом мелиоративного состояния земель, технического состояния скважин.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Якубов Х.И., Насонов В.Г., Зайнутдинова Н.Х. - Показатели оценки надежности систем вертикального дренажа. - Сб. научн. тр. /Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации, вып. 163, Ташкент, 1981, с. 100-107.

2. Зайнутдинова Н.Х., Скрыльников В.А. - Определение периодичности планово-предупредительных ремонтов каналов отводящей сети скважин вертикального дренажа. - Тезисы докл. республиканско-научно-техн.

нич. конф. по совершенствованию технической эксплуатации каналов оросительных систем, Ташкент, 1984, с. 85.

3. Якубов Х.И., Икрамов Р.К., Зайнутдинова Н.Х. - Временная инструкция по обоснованию материально-технических средств для обслуживания систем вертикального дренажа. - Ташкент, САНИИРИ, 1984, - 78 с.

4. Якубов Х.И., Зайнутдинова Н.Х. - Технико-экономическое обоснование выпуска маркированных песчано-гравийных фильтров для скважин вертикального дренажа. - М.: ЦБНТИ, 1986, сер. 3, вып. 2, - 15 с.

5. Якубов Х.И., Икрамов Р.К., Зайнутдинова Н.Х. - Обоснование материально-технических ресурсов при эксплуатации систем вертикального дренажа. - М.: ЦБНТИ, 1987, сер. I, вып. I, с. 3-16.

6. Икрамов Р.К., Каложная Н.И., Зайнутдинова Н.Х. - Рекомендации по регулированию водоотведения с учетом использования дренажно-сбросных вод на поливы в Бухарской области. - Ташкент, САНИИРИ, 1986, - 37 с.

7. Зайнутдинова Н.Х., Скрыльников В.А. - Расчет занесения лотковой сети при работе скважин вертикального дренажа. - Сб. научн. тр. / Среднеаз. научно-исслед. ин-т ирригации/ "Совершенствование расчетов русловых процессов водозаборных защитно-регулирующих сооружений и каналов в условиях большого отбора воды из реки", 1987, с. 124-133.

8. Зайнутдинова Н.Х. - Методика расчета страхового запаса оборудования при эксплуатации систем ВД. - Сб. научн. тр. САНИИРИ "Совершенствование эксплуатации дренажных систем", вып. 178, 1988.

9. Якубов Х.И., Икрамов Р.К., Зайнутдинова Н.Х., Азенов М. - "Пути повышения эксплуатационной надежности системы ВД". - Сб. научн. тр. САНИИРИ "Совершенствование эксплуатации дренажных систем", вып. 178, 1988.

158/108