

Министерство мелиорации и водного хозяйства
Узбекской ССР

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

Утверждаю

Зам. министра мелиорации и
водного хозяйства УзССР

 Афонин > АФОНИН Д. И.

2/10/85 1985г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО ОБСЛУ-
ЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Ташкент 1985

Эксплуатационное обслуживание оборудования организуется для поддержания показателей надежности на требуемом уровне путем проведения профилактических ремонтов с рациональной периодичностью, своевременного обнаружения неисправностей и их устранения, обеспечения деталями и запчастями, транспортом, подготовкой персонала и т.п.

В настоящих "Методических рекомендациях..." даны правила организации оперативной эксплуатации, определения оптимальной периодичности контрольных осмотров и профилактических ремонтов, оптимального количества обслуживаемого оборудования и обслуживающих бригад для центра технического обслуживания, а также оптимального значения коэффициента готовности оборудования.

"Методические рекомендации..." предназначены для эксплуатационных служб управлений оросительных систем, а также для проектировщиков, занимающихся проектированием эксплуатационных мероприятий на гидромелиоративных системах.

Инструкция разработана в Среднеазиатском Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском институте ирригации (САНИИРИ) им. В.Д.Журина.

Замечания и предложения по содержанию настоящих "Методических рекомендаций" просьба присылать по адресу: Ташкент ИБ/1, массив Карасу 4, дом II, САНИИРИ. Отдел дренажа.

Составители:

Х.И.Якубов, кандидат технических наук;

В.Г.Насонов, кандидат геолого-минералогических наук;

В.Т. Насыров, старший научный сотрудник

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- N - мощность системы вертикального дренажа;
- ΔW - требуемый объем откачек;
- q - дебит скважины;
- $K_{пр}$ - коэффициент полезной работы системы;
- K_r - коэффициент готовности системы;
- K_n - коэффициент, характеризующий простои системы из-за плановых ремонтов;
- K_p - коэффициент, характеризующий простои системы из-за прочих причин;
- n_d - количество дополнительных скважин;
- ∂, K - эксплуатационные и капитальные затраты на одну установку вертикального дренажа (УВД);
- E - нормативный коэффициент эффективности;
- $\partial_{пр}, \partial_{ко}$ - годового экономическ. эффект от применения оптимальной периодичности контрольных осмотров (КО), профилактических ремонтов;
- $\varphi_{с}^{ко}, \varphi_{о}^{ко}$ - приведенные затраты, связанные с простоями УВД за время обнаружения отказа и расходов на содержание обходчиков при существующем и оптимальном варианте;
- $\lambda(t)$ - интенсивность отказов УВД;
- $\lambda_{ска}(t), \lambda_{на}(t), \lambda_{су}(t), \lambda_{ла}(t), \lambda_{тр}(t)$ - интенсивности отказов скважины, насосной установки, станции управления, высоковольтной линии, трансформатора;
- $t_{ко}$ - периодичность КО;
- $\tau_{ко}$ - продолжительность КО ;
- V_o, V_b - скорость передвижения обходчика и бригады;
- S - среднее расстояние между УВД;
- $P_{ко}, P_t$ - тариф обходчика и транспортного средства;
- $m_{ко}, m$ - количество обходчиков и обслуживающих бригад;
- T_p - фонд рабочего времени за период T ;
- δ - плотность УВД;
- U - удельные ущербы;
- $T_{опт}$ - оптимальная периодичность КО;
- $F(t)$ - функция распределения наработок до отказа;

- $\alpha, \beta, \bar{\alpha}, \bar{\beta}$ - параметры и их оценки Вейбулловского распределения;
- C_n, C_a - удельные потери при проведении профилактического и аварийного ремонтов;
- Π, A - стоимости профилактического и аварийного ремонтов;
- n_g - объем выборки наработок до отказа;
- $F_g(t)$ - экспериментальная функция распределения;
- x_{max}, x_{min} - наибольший и наименьший элементы выборки;
- H, Z - высота и ширина графика;
- q_k - угловой коэффициент вращающейся прямой;
- $\varphi_{отк}, \varphi_{пр}$ - сумма приведенных затрат, связанных с простоями УВД за время проведения ремонтов и расходов на ремонты без проведения и с проведением профилактических ремонтов с оптимальной периодичностью;
- Γ - гамма-функция;
- $\mathcal{B}_{оп}$ - экономический эффект от оптимизации оперативного обслуживания;
- φ_a, φ_o - сумма приведенных затрат, связанных с простоями оборудования и расходов на обслуживание при существующем и оптимальном варианте;
- $N_{пр}$ - количество простаивающих УВД;
- Z - стоимость одной УВД;
- C - приведенные расходы на оперативное обслуживание;
- T_o - наработка на отказ;
- ω_L - величина издержек при обслуживании m бригадами;
- v_o - оптимальное количество УВД в зоне обслуживания;
- k_{oi} - оптимальный коэффициент готовности i -го типа оборудования.
- T_a, T_n - продолжительность аварийного и профилактического ремонтов.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Под организацией оптимального оперативного обслуживания оборудования систем вертикального дренажа понимается применение предлагаемых рекомендаций в реальной эксплуатации и при проектировании эксплуатационных мероприятий, что позволит сократить время вынужденных простоев скважин при проведении неплановых ремонтов за счет создания эффективных систем оперативного обслуживания, оптимальных по экономическому критерию.

I.2. В течение всего времени эксплуатации каждый тип оборудования установки вертикального дренажа (УВД) периодически переходит три основных состояния:

- работы или готовности к работе,
- профилактического или планового ремонта,
- непланового ремонта.

I.3. Одним из главных показателей, характеризующих качество эксплуатации оборудования СВД, является коэффициент полезной работы $K_{пр}$ системы.

Коэффициент полезной работы используется при расчетах мощности СВД в формуле

$$n = \frac{\Delta W}{q K_{пр}^{\prime} K_{п}^{\prime} K_{р}^{\prime}} \quad (I.1)$$

где ΔW - требуемый объем откачек, вычисленный на основе водных и солевых балансов;

q - дебит одной скважины.

I.4. Величина коэффициента $K_{пр}$ определяется такими факторами как: надежность и ремонтпригодность оборудования, организационные структуры эксплуатации, наличие запасных изделий, транспорта и т.п.

Зависимость коэффициента $K_{пр}$ от всех факторов можно выразить следующим соотношением

$$K_{пр} = K_r K_n K_p \quad (I.2)$$

где K_r - коэффициент готовности, характеризующий простой системы из-за внеплановых ремонтов (оперативное обслуживание);

K_n - коэффициент, характеризующий простой системы из-за плановых ремонтов;

K_p - коэффициент, характеризующий простой системы из-за

прочих причин (отсутствие электроэнергии, запасных изделий, транспорта и т.п.).

В настоящее время значение $K_{пр}$, согласно действующей инструкции по проектированию оросительных систем, принимается равным 0,85-0,9.

1.5. В "Методических рекомендациях..." изложены рекомендации по повышению эффективности эксплуатации оборудования, снижению времени его простоев при выполнении неплановых ремонтов за счет совершенствования оперативного обслуживания и на этой основе определение оптимального значения коэффициента готовности оборудования СВД.

1.6. Существует зависимость: чем больше единиц оборудования и меньше обслуживающих бригад, тем больше время вынужденных простоев УВД из-за отказов оборудования, и наоборот, чем меньше оборудования и больше бригад, тем это время меньше. Вместе с тем, чем больше вынужденно простаивающих УВД, тем больше объемы недооткаченной воды, завьшается мощность системы, что может повлечь за собой увеличение затрат на вертикальный дренаж и снижение его экономической эффективности.

Оптимизация коэффициента готовности K_r в данной работе выполняется через оптимизацию процесса оперативного обслуживания.

1.7. Оптимизация параметров оперативного обслуживания, а также периодичности контрольных осмотров и профилактических ремонтов, выполнена на основе экономического критерия (минимума приведенных затрат на обслуживание и ущербов от простоев оборудования).

В качестве ущерба приняты приведенные затраты на создание и эксплуатацию дополнительных УВД n_g , которые должны компенсировать время простоев УВД всей СВД из-за различных причин по оперативному обслуживанию за расчетное время. Затраты на одну УВД составляют

$$z = z + K'E,$$

где z , K - эксплуатационные и капитальные затраты на одну УВД;
 E - нормативный коэффициент эффективности.

Величина затрат зависит от многих факторов (диаметра и глубины скважины, стоимости работ, материалов и т.п.) и колеблется от 9 до 15 тыс. рублей на одну скважину.

I.8. Оптимальные параметры оперативного обслуживания были получены методом статистического моделирования с применением алгоритма обслуживания и ЭЦМ.

I.9. Для удобства пользования и наглядности полученные результаты, необходимые сведения о надежности приведены в приложениях.

I.10. Судя из полученных оптимальных параметров оперативного обслуживания для конкретных СВД не следует считать окончательными на долгое время. Эти параметры следует пересматривать систематически и при изменении любых условий эксплуатации (надежность оборудования, мелиоративная обстановка, телемеханизация и т.п.) вводить новые параметры для новых условий эксплуатации.

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ОСМОТРЫ

2.1. Отказ любого типа оборудования УВД и прекращение откачки возникает случайно. Факт остановки УВД в результате отказа оборудования в условиях эксплуатации устанавливается путем проведения контрольных осмотров.

2.2. Контрольные осмотры выполняются обходчиком, который один раз в 2-4 суток объезжает УВД, выясняет причину остановки и сообщает диспетчеру. Диспетчер вызывает бригаду.

2.3. Отрезок времени между моментом появления отказа и его обнаружением называется временем обнаружения. Чем чаще контрольные осмотры, тем меньше время обнаружения и время простоя УВД, и наоборот.

2.4. Кроме того, периодичность контрольных осмотров зависит от других факторов. В "Методических рекомендациях..." на рисунке I приведены зависимости оптимальной периодичности контрольных осмотров от стоимости УВД, плотности и наработки на отказ УВД.

2.5. В качестве критерия оптимальности принят минимум суммарных приведенных затрат на контрольные осмотры и ущерба от простоя УВД за время обнаружения отказа.

2.6. Годовая экономия, которая может быть получена от применения оптимальной периодичности контрольных осмотров оборудования УВД, вычисляется по формуле

$$\mathcal{E} = (\varphi_c^{к0} - \varphi_o^{к0}), \quad (1.2)$$

где $\varphi_c^{к0}, \varphi_o^{к0}$ - суммы приведенных затрат, связанных с простоями УВД за время обнаружения отказа и расходов на содержание обходчиков, при существующем и оптимальном варианте.

2.7. Приведенные затраты вычисляются по формуле

$$\varphi = n \left[\lambda(t) 0,5 t_{к0} \mathcal{E} + \frac{T(L_{к0} + S/\nu)(P_{к0} + P_T)}{t_{к0}} \right],$$

где n - количество обслуживаемых УВД;

T - расчетный период (год);

$\lambda(t)$ - интенсивность отказов УВД,

$$\lambda(t) = \lambda_{скв}(t) + \lambda_{ну}(t) + \lambda_{су}(t) + \lambda_{вл}(t) + \lambda_{тр}(t),$$

$\lambda_{скв}(t)$, $\lambda_{ну}(t)$, $\lambda_{су}(t)$, $\lambda_{вл}(t)$, $\lambda_{тр}(t)$ - интенсивность отказов скважины, насосной установки, станции управления, высоковольтной линии, трансформатора, (табл. 2.1);

$t_{кв}$ - периодичность контрольных осмотров;

$T_{кв}$ - продолжительность контрольного осмотра, принято 5 мин;

V - скорость передвижения обходчика, 50 км/ч;

S - среднее расстояние между УВД, зависит от плотности их расположения;

$P_{кв}$, $P_{т}$ - тариф обходчика и транспортного средства (мотоцикла), принято $P_{кв} = 1,5$ руб/ч, $P_{т} = 0,6$ руб/ч.

2.8. Требуемое количество обходчиков с транспортом (мотоциклом) вычисляется по формуле

$$n_{кв} = \frac{n T (T_{кв} + S/V)}{t_{кв} T_p}, \quad T_p - \text{фонд времени.}$$

Пример. Определить годовой экономический эффект от применения оптимальной периодичности контрольных осмотров на проектируемой системе вертикального дренажа с 200 УВД по сравнению с периодичностью один раз в двое суток, т.е. $t_{кв} = 48$ часов. УВД расположены по территории с плотностью $\delta = 1$ УВД/км², наработка до отказа установки составляет 2000 часов, стоимость УВД составляет $Z = 13$ тыс. руб.

Из точки на оси ординат рис.1, соответствующей заданной наработке до отказа, проводим прямую параллельно оси абсцисс до пересечения с прямой затрат на УВД, т.е. $Z = 13$ тыс.руб. Из точки пересечения проводим прямую параллельно оси ординат до пересечения с линией заданной плотности $\delta = 1$ УВД/км². На оси ординат получаем оптимальную величину контрольных осмотров. Она равна $t_{опт} = 24$ часа. Годовой (приведенный) экономический эффект, вычисленный по формуле (2.1), составит $\Delta = 43,8$ тыс.рублей.

Номограмма для определения оптимальной периодичности контрольных осмотров установки вертикального дренажа

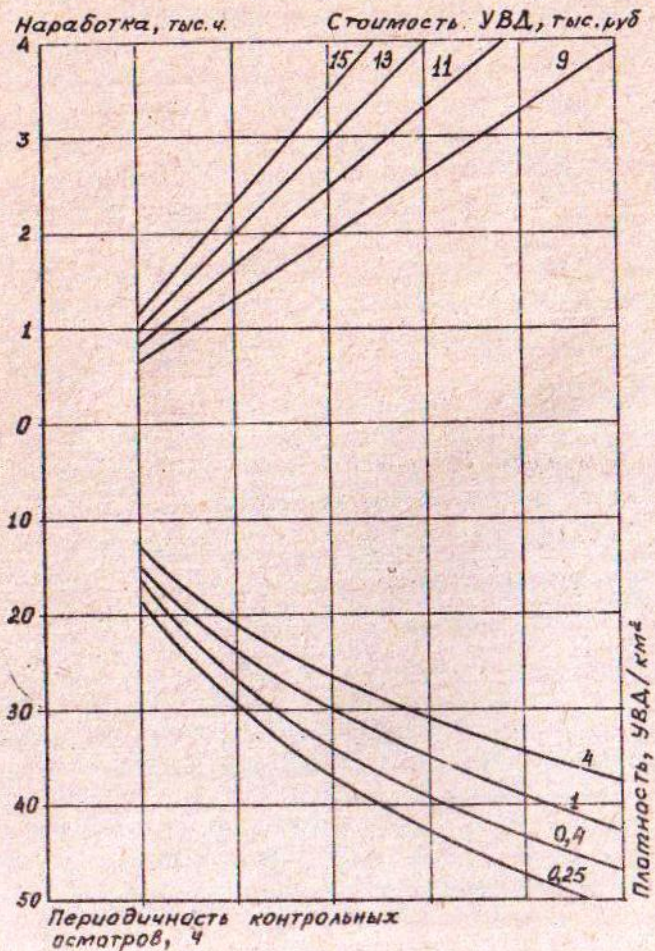


Рис. 1

Таблица 2.1

Показатели надежности оборудования систе. вертикального дренажа

Тип оборудования	Условия эксплуатации		Параметры рас- пределения		Средняя наработ- ка, тыс.ч ние
	минерализа- ция, г/л	пескование, г/л	В	Δ	
Электронасос	2...4	до 0,01	1,1	5,9	5,8
" "	4...8	0,1...0,3	1,6	2,1	1,9
ЭВ 10-210-25	2...4	до 0,01	1,2	4,2	3,9
" "	4...6	0,1...0,3	1,3	5,3	4,9
ЭВ 12-375-30	2...4	0,01...0,1	1,2	4,6	4,3
" "	2...4	0,1...0,3	1,5	4,7	4,2
" "	до 2	0,1...0,3	1,1	3,6	3,5
" "	2...4	до 0,01	1,3	6,4	5,9
Станция управления типа ШЭТ	-	-	однопараметри- ческое	-	5-7
Высоковольтная линия 10 кв	-	-	" "	" "	3-5
Трансформатор	-	-	" "	" "	5 лет
Скважина	-	-	-	-	каждые 100км 15 лет

- II -

зависит от
числа задей-
ствованных
функций на
каждые 100км

3. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ РЕМОНТЫ

3.1. Профилактические ремонты призваны предупредить появление отказов оборудования в процессе выполнения откачек и заключаются в проверке через определенные интервалы времени состояния узлов, деталей и их замене. С помощью профилактических ремонтов поток отказов подвергается разрежению, в результате чего число отказов оборудования при выполнении профилактических ремонтов меньше числа отказов без ремонтов за то же время. В результате профилактических ремонтов устраняются отказы, которые носят износный характер.

3.2. Профилактические ремонты целесообразны только на оборудовании, имеющем возрастающую интенсивность отказов. Установлено, что среди оборудования УВД только насосные установки имеют возрастающую интенсивность отказов.

3.3. В насосной установке имеется ряд узлов, отказы которых имеют износный характер, поэтому наряду со случайными отказами, имеющими постоянную интенсивность, изнашивающиеся узлы имеют возрастающую интенсивность отказов. К ним относятся: уплотнительные узлы (манжетный, торцевой, плавающий), подшипниковые узлы, вал электронасоса, рабочее колесо.

3.4. Установлено, что наработка до отказа насосных установок с различными типами электронасосов, находящихся в различных условиях эксплуатации, имеют Вейбулловское распределение без сдвига

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

с интенсивностью отказов

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

где α, β - параметры распределения.

3.5. Оптимальные периоды профилактических ремонтов насосных установок при различных параметрах распределения наработок до отказа и различных соотноше-

ниях затрат на профилактический и капитальный ремонт рассчитывается по графическим зависимостям, приведенным на рис. 3. Диапазоны изменений определяющих параметров выбираются такими, чтобы охватить всевозможные значения, соответствующие различным условиям эксплуатации.

3.6. В качестве критерия оптимальности использован экономический показатель - величина удельных средних затрат на профилактические и аварийные ремонты с учетом ущерба от простоя УВД в течение ремонта.

Потери при проведении профилактических и капитальных ремонтов равны

$$C_n T_n = \psi T_n + П; \quad C_a T_a = \psi T_a + А, \quad (3.1)$$

где $\psi = \frac{Z}{T}$ - удельные ущербы от простоя установки из-за ремонтов;
 $П, А$ - стоимости профилактического и аварийного ремонтов;
 T_a, T_n - продолжительность аварийного и профилактического ремонта.

3.7. Для определения оценок параметров Вейбулловского распределения графическим методом необходимо собрать выборку наработок до отказа объемом $n = 30 \dots 40$. Элементы выборки нумеруются в порядке возрастания. Затем вычисляется экспериментальная функция распределения F_3 по формуле

$$F_3(x_i) = \frac{i}{n+1}, \quad (3.2)$$

i - индекс выборки.

3.8. Вероятностная сетка для распределения Вейбулла устроена следующим образом. По оси абсцисс применяется логарифмическая шкала, где откладываются значения наработок до отказа

$$S_x(t_i) = K_x \lg x, \quad (3.3)$$

где $K_x = \frac{L}{\lg x_{max} - \lg x_{min}}$, L - ширина графика,

x_{max}, x_{min} - наибольший и наименьший элементы выборки.

По оси ординат откладываются значения ψ , и надписывается величина $F(\psi)$, вычисляемая по формуле

$$Y_g = \ln [- \ln (1 - F_g)].$$

В масштабе эта величина равна

$$S_y (F_g) = \frac{H}{8,84} Y_g \quad (3.4)$$

При $H = 300$ мм $S_y (F_g) = 33,94 Y_g$,

Нанесение точек на вероятностную сетку производится при помощи формул (3.3) и (3.4). После этого строится визуально прямая линия OA так, чтобы нанесенные точки отклонялись от нее как можно меньше.

3.9. Оценку параметра "а" определяют из уравнения

$$K_x \lg \bar{a} = 0,4, \quad (3.5)$$

а параметра δ по формуле

$$\bar{\delta} = \frac{K_x 8,84}{H 2,303} q. \quad (3.6)$$

При $H = 300$ мм

$$\bar{\delta} = \frac{K_x}{78,16} q,$$

где q - угловой коэффициент прямой OA,

$$q = \operatorname{tg} \alpha$$

3.10. Годовая экономия, которая может быть получена от проведения профилактических ремонтов насосных установок, вычисляется по формуле

$$\mathcal{E}_{пр} = (\varphi_{отк} - \varphi_{пр}),$$

где $\varphi_{отк}$, $\varphi_{пр}$ - сумма приведенных затрат, связанных с простоями: УВД за время проведения ремонтов и расходов на ремонты без проведения и проведением профилактических ремонтов с оптимальной периодичностью.

Приведенные затраты на обслуживание n УВД без профилактических ремонтов за время T определяются по формуле

$$\varphi_{отк} = \frac{C_a T_a T_n}{\alpha \Gamma\left(\frac{\beta}{\delta} + 1\right)},$$

где Γ - гамма - функция.

Приведенные затраты на обслуживание с выполнением профремонтов с оптимальной периодичностью составят

$$\varphi_{пр} = (C_a T_a - C_n T_n) \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} \mu T,$$

где t_0 - оптимальная периодичность профилактических ремонтов.

3. II. Существующие графики плановых и текущих ремонтов следует изменить с учетом оптимальной периодичности профилактических ремонтов.

Пример. В условиях эксплуатации 200 насосных установок с электронасосами типа ЭЦВ 10-160-35 б/ч получена выборка наработок до отказа в объеме $n = 45$ (таблица). Определить оптимальное значение периодичности профилактических ремонтов и годовой экономический эффект от применения профремонта на 200 насосных установках при следующих значениях исходных данных:

$T_n = 3$ ч; $T_a = 50$ ч; $\Pi = 210$ руб; $A = 850$ руб; $Z = 13$ тыс.руб.

Сначала по формуле (3.2) вычисляется эмпирическая функция распределения F_a , затем значения $S(F_a)$ и $S(t_i)$ по (3.3) и (3.4), а результаты заносятся в таблицу.

По оси абсцисс (см.рис.2) откладываются значения наработок до отказа в логарифмической шкале $S_x(t)$, а по оси ординат - значения функции F_a , соответствующей наработке t_i , в двойной логарифмической шкале $S_y(F_a)$. После этого на вероятностную сетку наносятся точки графика $F(t_i)$. Затем визуально проводится прямая линия так, чтобы нанесенные точки отклонялись от нее как можно меньше.

Оценки параметров α и β вычислялись по формулам (3.5) и (3.6) и равны: $\bar{\alpha} = 4570$ часов, $\bar{\beta} = 1,6$, а соотношение затрат - $Z_{пр} = 0,3$, где $Z_{пр} = C_n T_n / (C_a T_a - C_n T_n)$.

На рисунке 3 на оси ординат из точки $Z_{пр} = 0,3$ проводим горизонтальную линию до пересечения с линией, соответствующей ла-

Таблица

Расчетные данные для построения эмпирической функции распределения на вероятностной сетке

i	t_i	$F_3(t_i)$	$S_x(t_i)$ <small>MM</small>	$S_y(F_3)$ <small>MM</small>	L	t_i	$F_3(t_i)$	$S_x(t_i)$ <small>MM</small>	$S_y(F_3)$ <small>MM</small>
1	192	0,02	1,42	-132,4	24	4152	0,52	80,9	-10,4
2	366	0,01	2,78	-108,6	25	4156	0,54	80,9	-8,6
3	660	0,07	4,1	- 89,1	26	4200	0,57	81,0	-5,8
4	774	0,09	4,4	- 80,1	27	4224	0,59	81,0	-3,4
5	956	0,11	4,90	- 73,0	28	4368	0,61	82,0	-2,0
6	1032	0,13	50,7	- 66,9	29	4728	0,63	83,7	0
7	1416	0,15	57,6	- 61,7	30	4752	0,65	84,0	1,7
8	1704	0,17	61,6	- 57,0	31	5568	0,67	87,2	3,5
9	1704	0,20	61,6	- 50,9	32	5616	0,70	87,5	6,2
10	1936	0,22	64,0	- 47,3	33	5616	0,72	87,5	8,2
11	2112	0,24	66,2	- 43,9	34	5808	0,74	88,2	10,1
12	2160	0,26	66,2	- 40,7	35	6034	0,76	89,0	12,1
13	2328	0,28	68,3	- 37,8	36	6368	0,78	90,2	14,1
14	2424	0,30	69,2	- 35,0	37	6528	0,80	90,7	16,2
15	2552	0,33	70,3	- 31,1	38	6740	0,85	91,0	19,4
16	2760	0,35	72,0	- 28,6	39	6792	0,85	91,0	21,7
17	3024	0,37	74,0	- 26,2	40	7344	0,87	93,2	24,2
18	3024	0,39	74,0	- 23,9	41	7392	0,89	93,4	26,9
19	3384	0,41	76,5	- 21,7	42	7824	0,91	94,7	29,8
20	3648	0,43	78,3	- 19,6	43	8184	0,93	95,6	33,2
21	3960	0,46	79,8	- 16,4	44	9336	0,96	98,5	39,7
22	3960	0,48	79,8	- 14,4	45	10249	100,5	0,98	46,3
23	4080	0,50	80,5	- 12,4					

График экспериментальной функции распределения
наработки до отказа на герметичности сепке

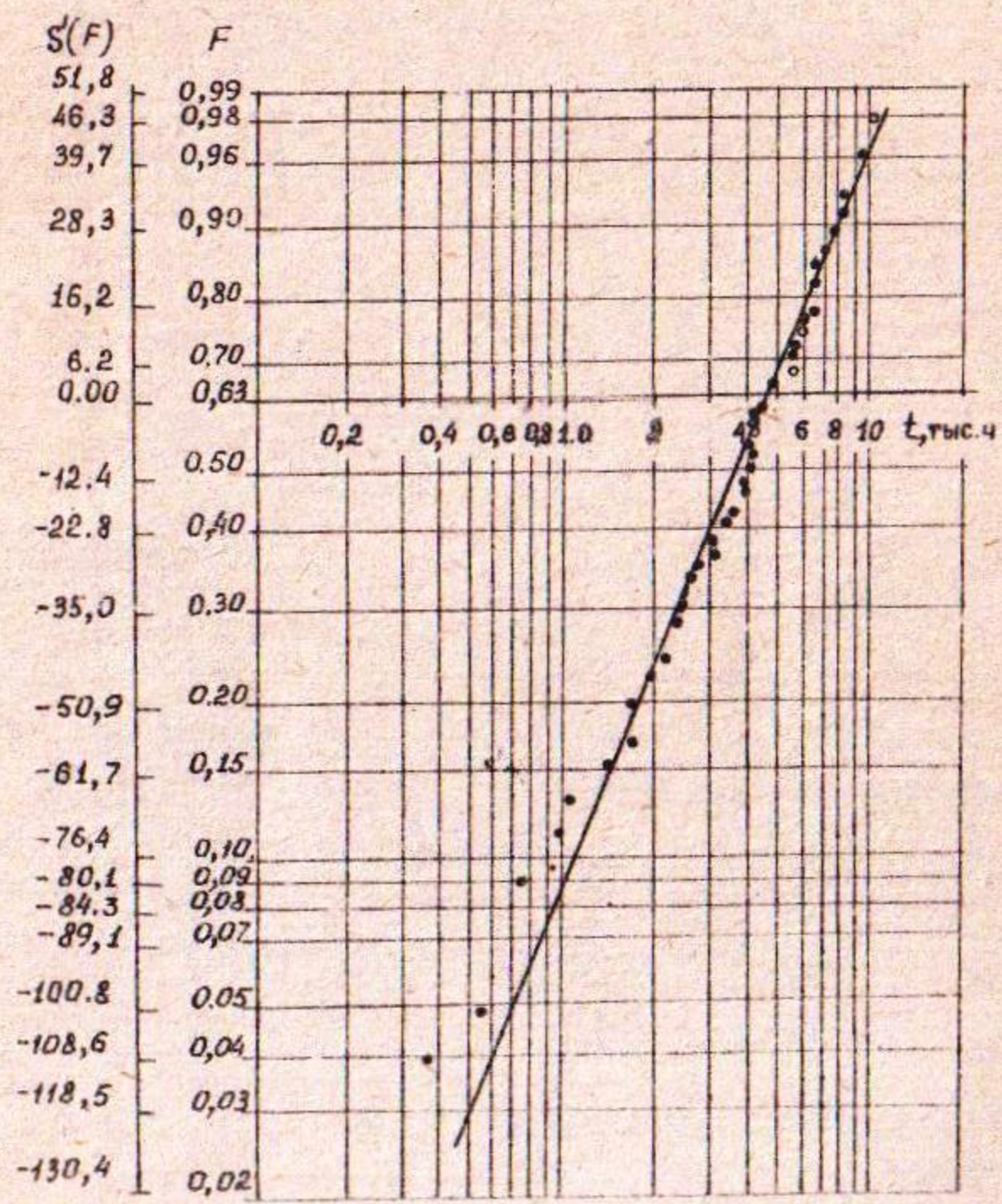


Рис. 2

Номограмма для определения оптимальных периодов профилактических ремонтов скважинных насосных установок вертикального дренажа

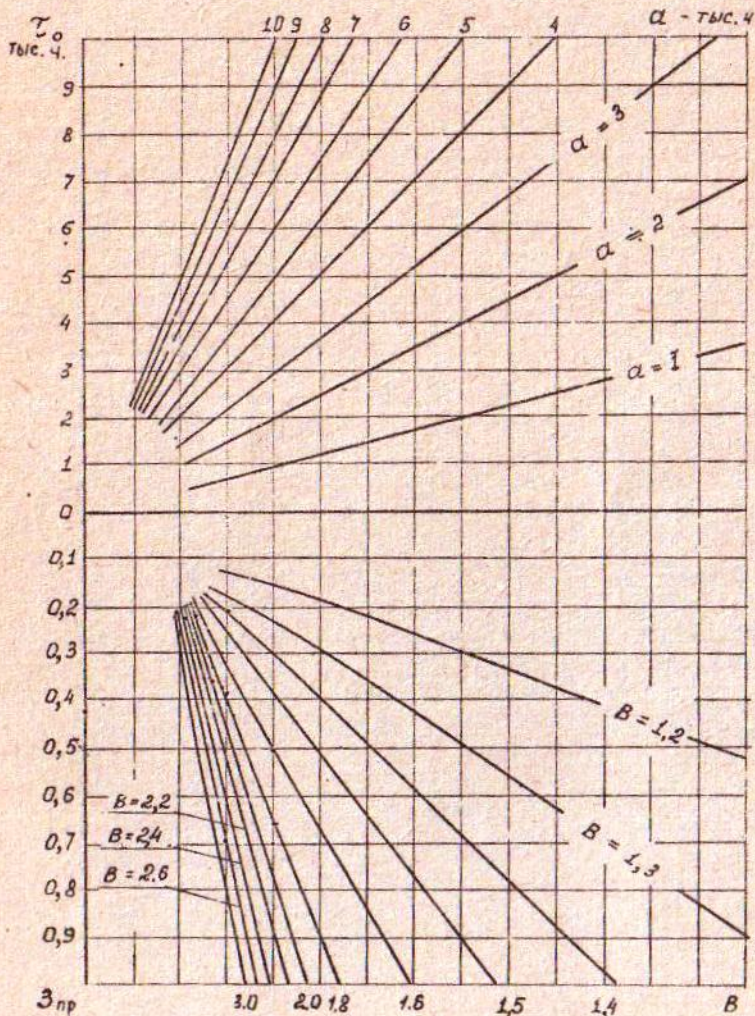


Рис. 3

параметру распределения $\delta = 1,6$. Из точки пересечения восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с линией, соответствующей параметру α , равному $\bar{\alpha} = 4\ 570$ часов, одновременно на оси ординат считываем оптимальное значение периодичности профремонт-тов. Период, минимизирующий средние удельные затраты, равен

$$T_{opt} = 3100 \text{ часов.}$$

Годовой экономический эффект, вычисленный по формуле, равен

$$Э_{пр} = 52,6 \text{ тыс. рублей.}$$

4. ОПЕРАТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

4.2. С точки зрения надежности УВД представляет собой группу последовательно соединенных элементов (типов оборудования):

скважина,
насосная установка,
станция управления,
комплектная трансформаторная подстанция,
высоковольтная линия,
гидротехнические водоприемные и водоотводящие сооружения.

Отказ первых четырех из перечисленных типов оборудования приводит к остановке УВД и прекращению откачки дренажных вод. Пока отказ не будет устранен УВД будет простаивать. Под оперативным обслуживанием оборудования понимается устранение отказов.

4.3. В "Рекоменд." рассмотрены вопросы оптимизации оперативного обслуживания четырех типов оборудования:

насосной установки (НУ),
станции управления (СУ),
высоковольтной линии (ВЛ) и трансформатора (T_p).

Скважины не рассматриваются потому, что их отказы носят постепенный длительный характер, что позволяет ремонты выполнять в плановом порядке, поэтому простои УВД по этой причине должны учитываться с помощью коэффициента $K_{п}$ в формуле (1.2).

4.4. К основным параметрам оперативного обслуживания относятся:

количество оборудования, обслуживаемого с данного центра обслуживания,
количество обслуживающих бригад,
коэффициент готовности оборудования.

4.5. Оптимальные значения основных параметров оперативного обслуживания получены в зависимости от определяющих факторов:

плотности оборудования,
надежности оборудования,
ущербов от простоя УВД,
затрат на оперативное обслуживание.

Для высоковольтной линии и трансформатора, кроме того, -- от количества УВД на одном присоединении, которые останавливаются в результате отказа на линии.

В "Методических рекомендациях...", чтобы полнее охватить многообразие условий эксплуатации и сделать ее применимой повсеместно, приведены рекомендации для диапазонов величин факторов от минимального до максимального.

Под плотностью оборудования следует понимать отношение количества (единиц) оборудования к площади, заключенной внутри сгибавшей, проходящей через самые удаленные участки дороги, УВД и отрезки высоковольтных линий.

Для высоковольтных линий -- отношение протяженности линий к площади.

4.6. Каждый тип оборудования п.4.2. должен оперативно обслуживаться отдельной бригадой, оснащенной необходимым транспортом, инструментом, механизмами и персоналом необходимой квалификации.

Все обслуживающие бригады вместе с транспортом, автокранами, передвижными электролабораториями и пр. должны быть сосредоточены в центре технического обслуживания (ЦТО). Причем, для каждого типа оборудования предполагается наличие отдельного ЦТО, хотя возможно, как результат расчетов по данной методике, совпадение мест расположения ЦТО различных типов оборудования, а также эксплуатационных участков.

Географическая точка мест положения ЦТО должна быть безвозможности "центром тяжести" точек местоположения единиц оборудования, обслуживаемых с данного ЦТО.

В ЦТО должны поступать необходимые запасные изделия.

Из ЦТО бригады выезжают на место работы и возвращаются в конце рабочего дня.

4.7. Заявки (требования) на оперативное обслуживание поступают от диспетчера. В момент поступления требования на обслуживание бригада может находиться либо в ЦТО, либо на скважине, поэтому связь с бригадой целесообразно осуществлять с помощью радиостанции.

4.8. Получив задание на работу (номер УВД), бригада должна выезжать на место работы, имея в наличии все необходимые для работы, в том числе запасные изделия, детали на весь рабочий день. Например, бригада, обслуживающая насосные установки,

должна иметь один или несколько резервных электронасосов и другие запасные изделия (соединительные болты, детали арматуры), чтобы избежать ненужных переездов и непроизводительных затрат времени. Бригада, обслуживающая станции управления, выезжает на работу с резервным блоком управления, катушками магнитных пускателей и т.п.

4.9. Приехав на УВД, обслуживающая бригада приступает к устранению неисправности. Закончив работу, бригада должна либо ждать новой заявки на обслуживание, либо выполнять плановые ремонты в соответствии с графиком работ на других УВД. Если до конца рабочего дня не удастся закончить работу по устранению неисправности, оставшаяся часть заканчивается на следующий день.

4.10. Если в момент поступления заявки нет свободной бригады, то заявка становится в очередь. Очередность выполнения заявок определяется диспетчером в зависимости от мелиоративного состояния территории, удаленности УВД, от места расположения свободной бригады и т.п. При отсутствии заявок на обслуживание в очередь становятся бригады: на обслуживание выезжает та бригада, которая освободилась раньше.

4.11. Годовая экономия, которая может быть получена в результате оптимизации оперативного обслуживания i -го типа оборудования, равна

$$\mathcal{E} = (\varphi_c - \varphi_o), \quad (4.1)$$

где φ_c, φ_o - сумма приведенных затрат, связанных с простоями оборудования в ожидании и во время обслуживания и расходов на содержание обслуживающих бригад при существующем и оптимальном варианте.

Приведенные затраты вычисляются по формуле

$$\varphi = H \bar{z} + C,$$

где H - среднее количество простаивающих УВД;

\bar{z} - стоимость одной УВД;

C - приведенные расходы на оперативное обслуживание.

В затраты на оперативное обслуживание оборудования должны входить расходы на транспорт, зарплату персонала бригады с учетом премий, отчислений на социальное страхование, дополни-

тельные отпуска, административно-хозяйственные расходы. Зависимость расходов на обслуживание от количества бригад принята линейной $C = C_0 m$, C_0 - расходы на оперативное обслуживание при одной бригаде.

4.12. Исследованиями установлено, что оптимальное количество бригад, обслуживающих насосные установки, в зависимости от факторов, может быть равно 2 и 3, а для остальных типов оборудования не более одной.

4.13. Расчет выполняется по графическим зависимостям, представленным на рис.4-10.

Для получения исходных результатов необходимо иметь: план-карту с нанесенными на ней сиважинами, дорогами, ЦТО.

Пример I. Необходимо организовать оптимальное оперативное обслуживание 831 насосной установки УВД Сырдарьинской области, которые распределены между районами следующим образом:

Акалтынский - 192,
Комсомольский - 207,
Хавытский - 65,
Балутский - 88,
Гулистанский - 101,
Сырдарьинский - 97,
Ворошиловский - 82.

Средняя наработка на отказ насосной установки составляет $T_0 = 3500$ часов. Установки обслуживаются $m = 6$ бригадами, а приведенные затраты на обслуживание составляют $C = m \cdot II$ тыс. рублей, а затраты на УВД составляют 13 тыс. рублей. Все обслуживающие бригады расположены на территории СПМК. Количество простаивающих УВД в самый напряженный мелиоративный период составляет 80.

Распределение НУ между ЦТО следует начинать с края области.

Сначала определяется ориентировочная плотность НУ, находящихся на территории, например, Балутского и Хавытского районов. Для полученной плотности $\delta = 0,36$ н/км² определяется оптимальное количество НУ и обслуживающих бригад. Из точки, соответствующей заданным приведенным затратам на оперативное обслуживание (рис.4), восстанавливается перпендикуляр до пересечения с кривой заданной наработкой до отказа и плотности

Зависимость минимальных удельных затрат от затрат на обслуживание, надежности, плотности насосных установок и количества бригад

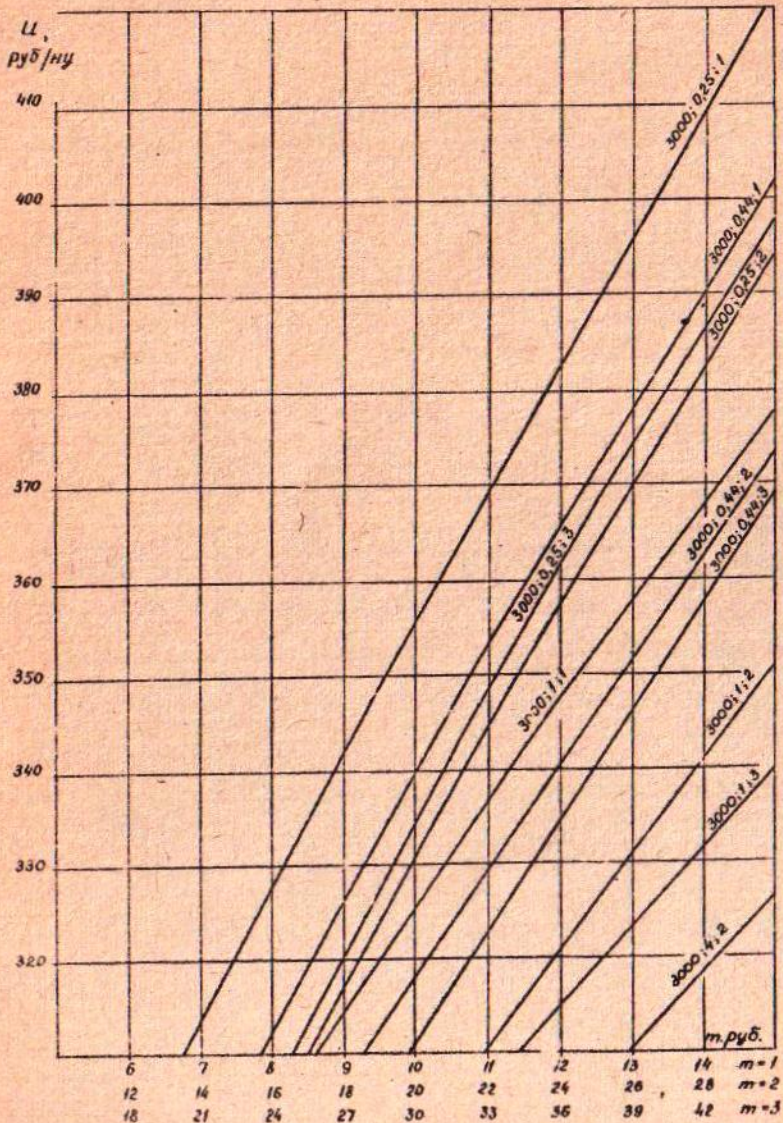


Рис. 4 (продолжение)

для одной, двух и трех бригад.

На оси ординат считываем соответственно величины затрат $U_1 = 317$ руб/ну, $U_2 = 209$ руб/ну, $U_3 = 207$ руб/ну, из которых видно, что НУ целесообразно обслуживать тремя бригадами, т.к. этому варианту соответствует наименьшие удельные затраты. Определяем то количество НУ, которое должно обслуживать три бригады.

На рис.5 из точки $T_0 = 3500$ на оси ординат проведем прямую, параллельно оси абсцисс до пересечения с кривой заданных приведенных затрат на обслуживание $C = m \cdot \Pi$ т.р. Из этой точки пересечения опускаем перпендикуляр до пересечения с кривой, соответствующей полученному количеству обслуживаемых бригад $m = 3$.

Далее, из точки пересечения проведем прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с кривой заданной плотности $\delta = 0,36$ НУ/км². Затем снова из этой точки восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой заданной стоимости УВД $\bar{\epsilon} = 13$ тыс.руб. На оси считываем оптимальное количество обслуживаемых НУ, равное 280.

На территории Баяутского и Хангалтского районов недостаточное НУ, поэтому зону обслуживания расширим за счет НУ Комсомольского района.

Для расширенной зоны уточняем плотность, получаем $\delta = 0,4$ НУ/км². В соответствии с предыдущей процедурой для этой плотности получена оптимальная зона обслуживания в размере

$n_0 = 295$ НУ. При оперативном обслуживании этих НУ тремя бригадами должен обеспечен коэффициент готовности $k_0 = 0,9857$. Это означает, что в самый напряженный мелиоративный период, когда в работе должны быть все НУ, будет простаивать из-за отказов НУ 4 УВД. Это количество получено из выражения

$$n_g = n_0 \cdot k_0 = 295 (1 - 0,9857) = 4.$$

Результаты исследований и расчетов заносятся в таблицу 4.1.

Местоположение ЦТО по возможности следует выбирать в центре обслуживаемой зоны. Под центром следует понимать не центр площади, а центр тяжести расположенных на этой площади НУ. Для ЦТО № I это может быть СПМТ.

Полюграмма для определения оптимальных параметров оперативного обслуживания насосных установок

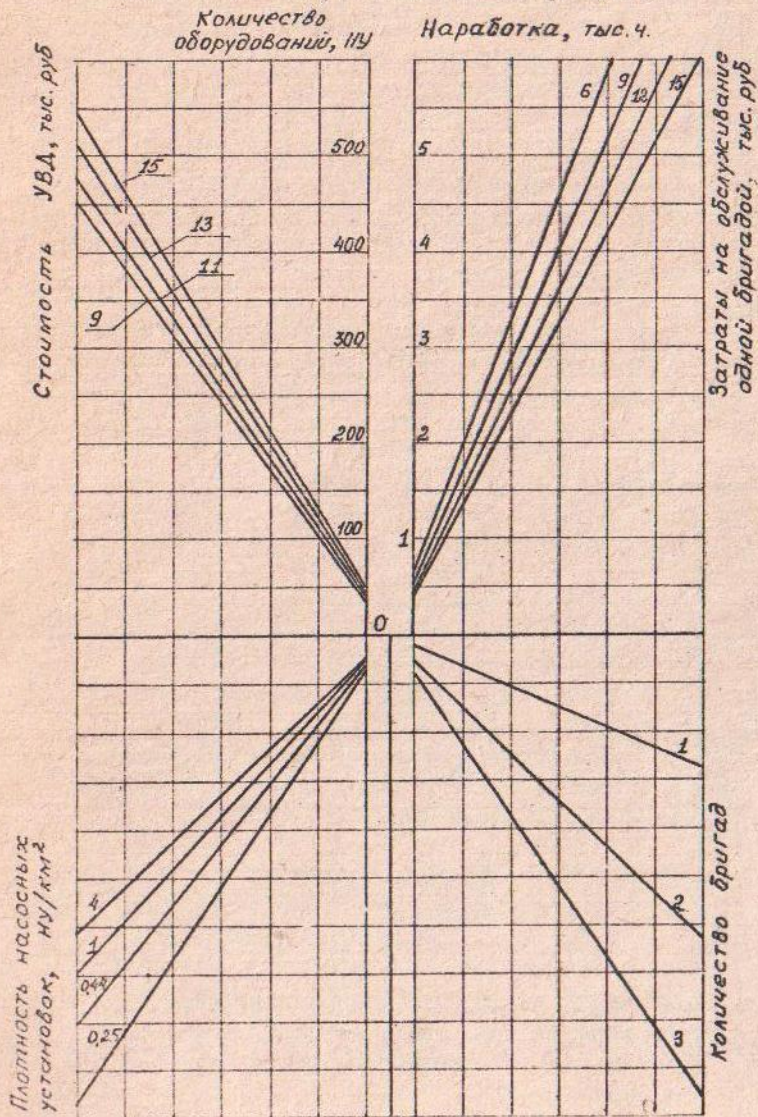


Рис. 5

Таблица 4.1.

Технико-экономические показатели существующего и предлагаемого вариантов
по обслуживанию насосных установок Сырдарьинской области

Варианты	Кол-во мест по положению ЦТО	Плотность, ПУ/км ²	Кол-во бригад	Количество обслуживаемых установок по районам и хозяйствам	Коэффициент готовности	Кол-во ваших установок	Суммарные приведенные затраты, т.руб.	
Существующий	ЦТО (СПМК)	0,44	6	Сырдарьинская область 331	0,903	80	1 117	
Предлагаемый	ЦТО № 1 (СПМК)	0,4	3	Хавастский Баяульский Комсомольский	0,9357	4	85,6	
	ЦТО № 2 (СПМК) с-х им. 50 летия УзССР Борошловского р-на	0,44	3	Сырдарьинский Борошловский Гулистанский Комсомольский К-3 "Коммунизм"	0,9663	5	98,7	
	ЦТО № 3 (СПМК) с-х № 18, Акалтынского р-на	0,7	2	Акалтынский Комсомольский С-3 "Мирзачуль"	0,9856	3	61,4	
Годовой экономический эффект							871,5	

Теперь переходим к формированию оптимальной зоны обслуживания для ЦТО № 2, исключив из рассмотрения 295 НУ ЦТО № 1.

Расположение оставшихся НУ указывает на целесообразность формирования зоны обслуживания ЦТО № 2 за счет НУ, расположенных на территории Сырдарьинского, Ворошиловского и Гулистанского районов. Плотность НУ на этой территории составляет $\delta = 0,44$ НУ/км².

Используя процедуру, описанную выше, при формировании зоны обслуживания ЦТО № 1, находим оптимальные параметры ЦТО № 2. Три бригады, обслуживая 305 НУ, должны обеспечить коэффициент готовности $k = 0,9863$. Постоянно будет простаивать 4 НУ. ЦТО № 2 целесообразно расположить, например, в совхозе им. 50 лет УзССР.

Оставшиеся 231 НУ, расположенные на территории Акалтынского и части Комсомольского районов с плотностью $\delta = 0,7$ НУ/км², целесообразно обслуживать 2 бригадами, что обеспечит им коэффициент готовности $k = 0,9856$ (рис.6).

Центр обслуживания 2 целесообразно расположить в совхозе № 16.

Годовой (приведенный) экономический эффект от применения оптимального оперативного обслуживания 831 НУ, вычисленный по (4.1), при условии, что все НУ должны находиться в работе, составляет 871,5 тыс.рублей.

Пример 2. Необходимо организовать оптимальное оперативное обслуживание 831 станции управления УВД Сырдарьинской области.

Средняя наработка на отказ СУ по области составляет 6000 часов. Станции управления обслуживаются $m = 2$ бригадами, приведенные затраты на обслуживание составляют $C = m \cdot 6$ тыс.рублей, а затраты на УВД составляют 13 тыс.руб. Все обслуживающие бригады расположены в помещении Управления насосных станций.

Методика получения оптимальных параметров оперативного обслуживания СУ аналогична методике получения оптимальных параметров оперативного обслуживания насосных установок (п.4.13).

Для плотности УВД ЦТО № 1 НУ равной $\delta = 0,4$ определяем по рис.7. размер зоны оперативного обслуживания, который равен 245 СУ. Одна бригада сможет обеспечить коэффициент готовности равный $k = 0,9949$ (рис.8). Результаты занесены в таблицу 4.2.

Оптимальные значения коэффициента готовности насосных установок

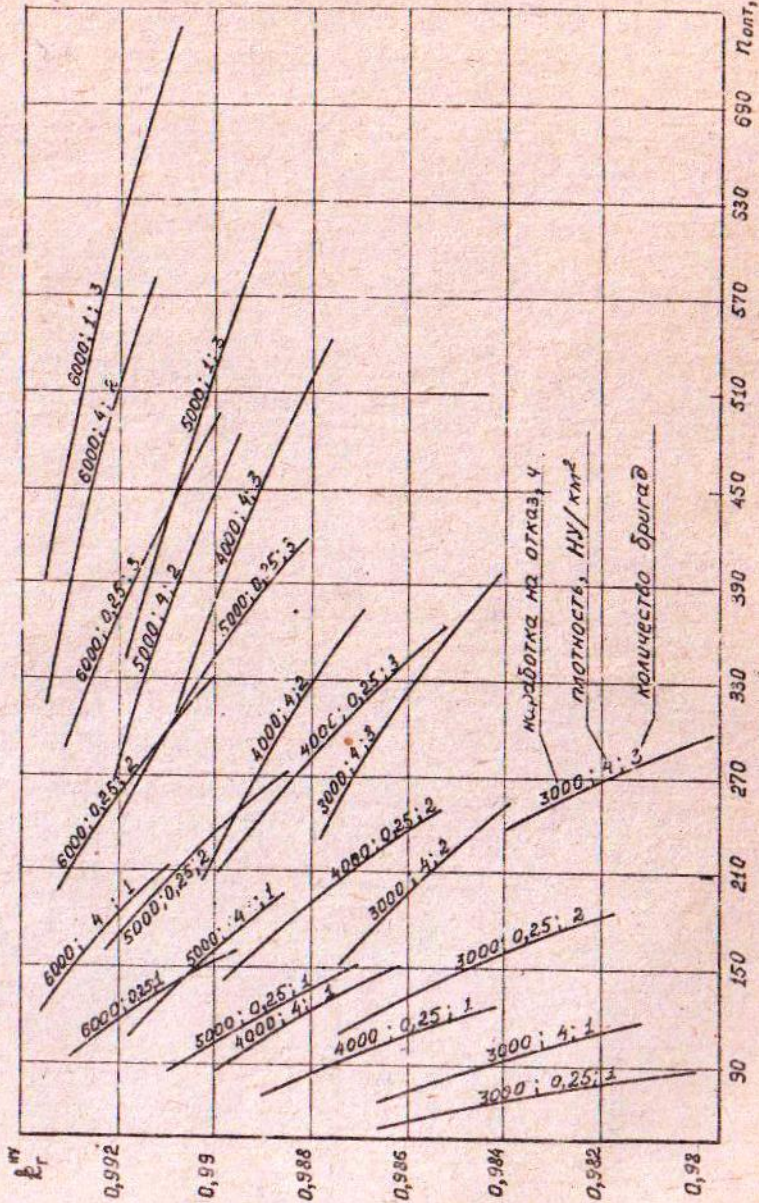


Рис. 6

Лент, НЦ

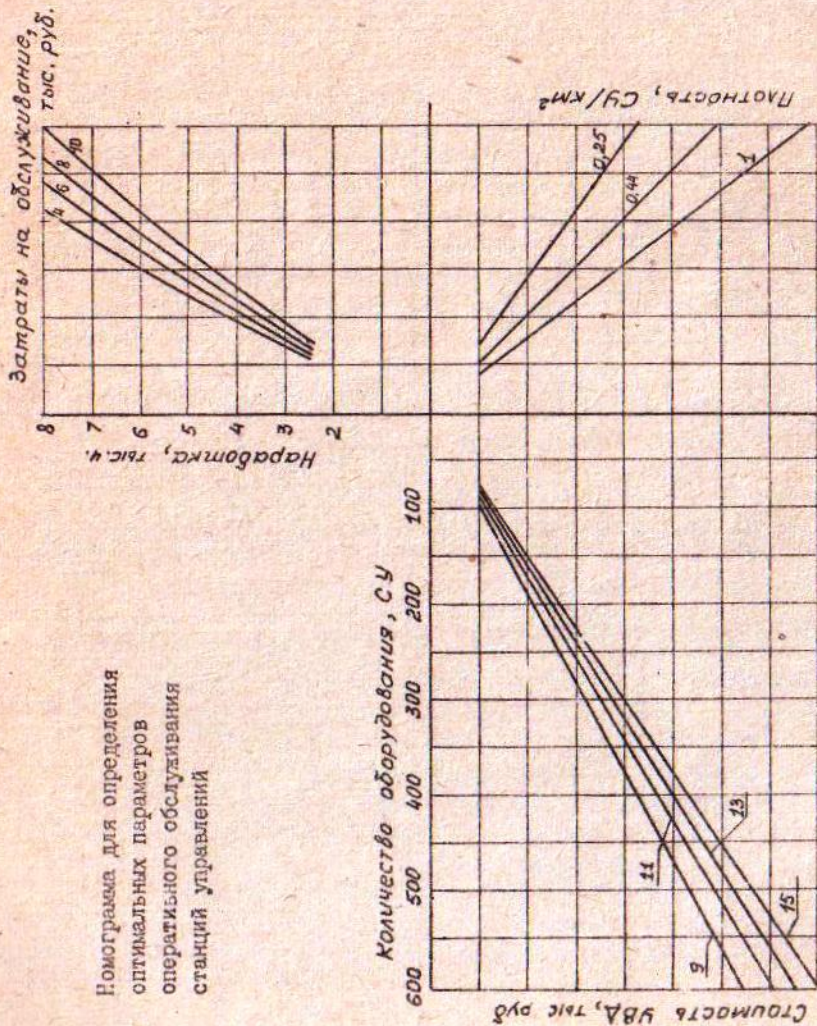


Рис. 7

Оптимальные значения коэффициента готовности станции управления.

$K_{г.ст}$
в опт

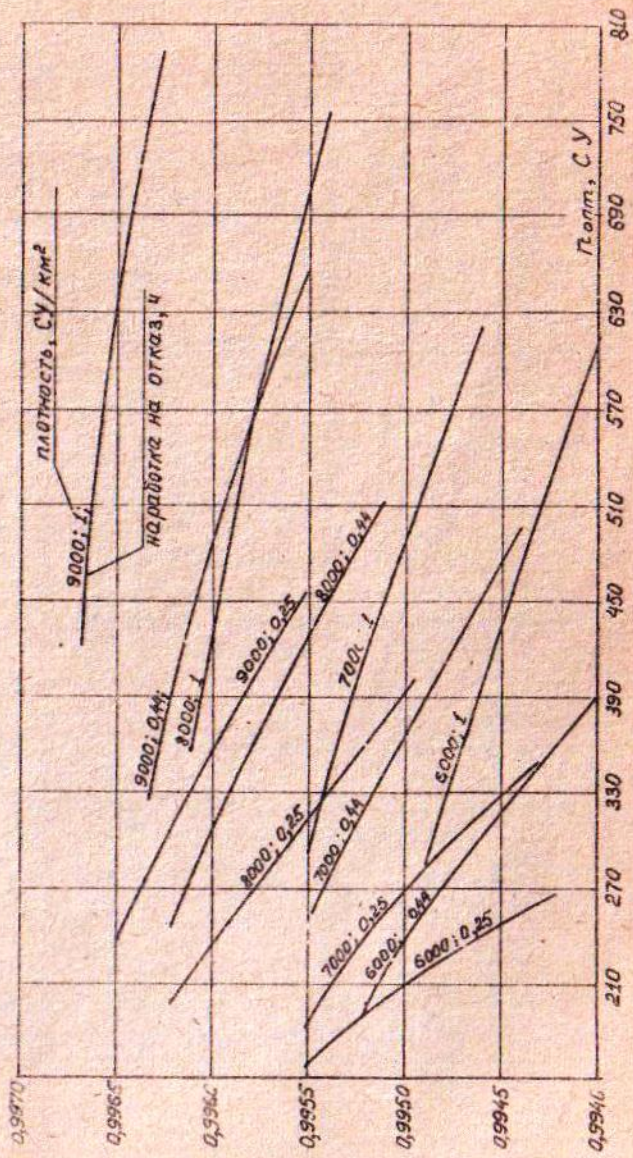


Рис. 8

Таблица 4.2

Технико-экономические показатели существующего и предлагаемого вариантов оперативного обслуживания станций управления Сырдарьинской области

Вариант	Кол-во и место расположения ЦТО	Плотность, н/км ²	Кол-во бригад	Количество обслуживаемых станций управления по районам и хозяйствам	Коэффициент готовности	Кол-во работающих установок	Суммарные приведенные затраты, т. руб.
Существующий	ЦТО СЛМК	0,44	3	Сырдарьинская обл. 831	0,9668	II	162,54
Предлагаемый	ЦТО № 1, СЛМК	0,4	I	Хавастский 65 Ваяутский 88 Комсомольский 92	0,9949	I	70,56
	ЦТО № 2, с-з им. 50-я УзССР	0,44	I	Сырдарьинский 97 Ворошиловский 82 Гулистанский 101	0,9948	I	
	ЦТО № 3, с-з 18	0,7	I	Ангальтский 192 Комсомольский 124	0,9946	2	91,98

- 34 -

Остальные скважины распределены между двумя ЦТО, аналогично ЦТО для насосных установок, с той лишь разницей, что оптимальное количество обслуживающих бригад равно единице.

Годовой экономический эффект от оптимизации оперативного обслуживания, вычисленный по формуле (4.1), составляет 92 тыс. рублей.

Пример 3. Необходимо организовать оптимальное оперативное обслуживание 2000 км высоковольтных линий и 800 понижающих трансформаторов напряжением 6-10 кВ, по которым поступает электрическое питание на насосные установки вертикального дренажа. Нарботка до отказа 100 км ВЛ с учетом надежности трансформаторных подстанций составляет $T_0 = 1500$ часов. Плотность ВЛ-1,2 км/км², затраты на УВД - 13 тыс.руб. Все оборудование обслуживается 1 бригадой, местоположение ЦТО в центре обслуживаемой зоны, а затраты на оперативное обслуживание составляет $C = 10$ тыс.рублей. Количество УВД, подключенных к одному фидеру, в среднем равно 20.

При существующем обслуживании одной бригадой постоянно простаивает 10 УВД. Вычислить также годовой экономический эффект от применения оптимального оперативного обслуживания.

На рис.9 для исходных параметров определяем искомую величину. Одна бригада должна обслуживать 1000 км и 400 трансформаторов, обеспечивая коэффициент готовности $\xi = 0,9986$ (рис.10) Таким образом, для оперативного обслуживания 2000 км ВЛ и трансформаторов необходимо две бригады, каждая из которых должна располагаться в центре своей зоны обслуживания. При этом постоянно будут простаивать 2 УВД.

Годовой (приведенный) экономический эффект от оптимизации оперативного обслуживания электрооборудования составит 95,1 тыс.рублей.

Номограмма для определения оптимальных параметров
оперативного обслуживания высоковольтного
оборудования

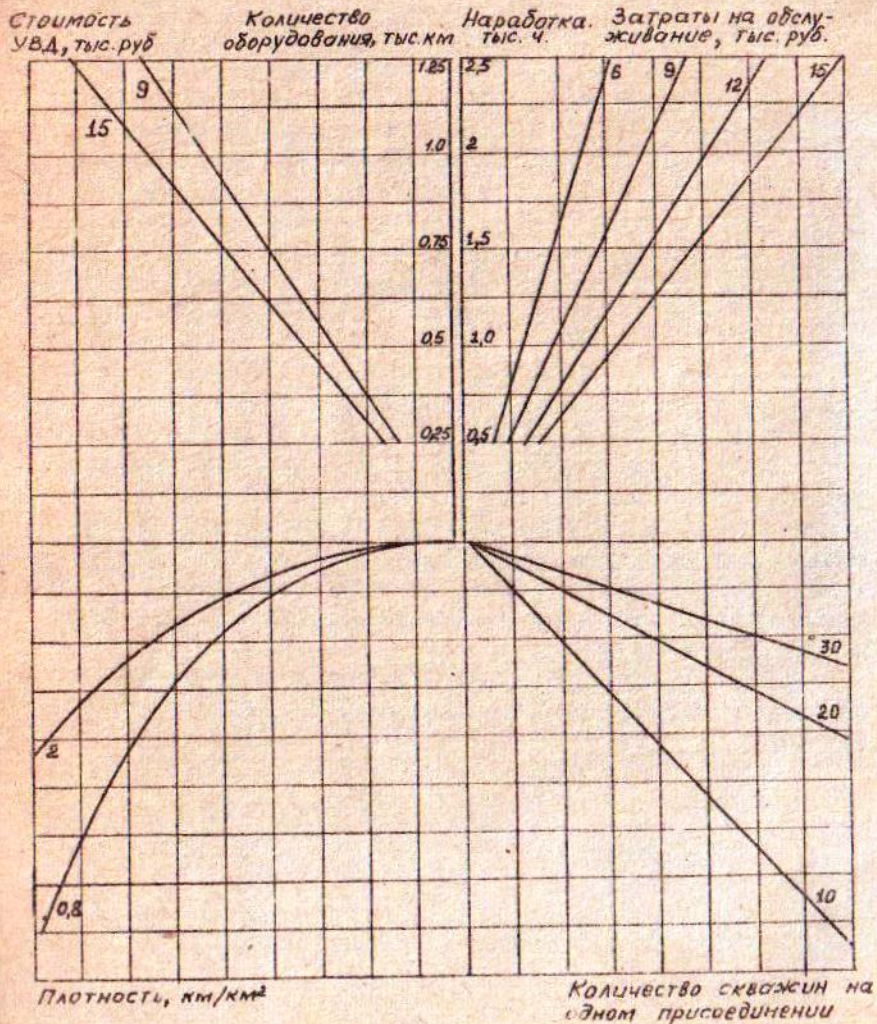


Рис. 9

Оптимальные значения коэффициента готовности УВД при обслуживании высоковольтного оборудования

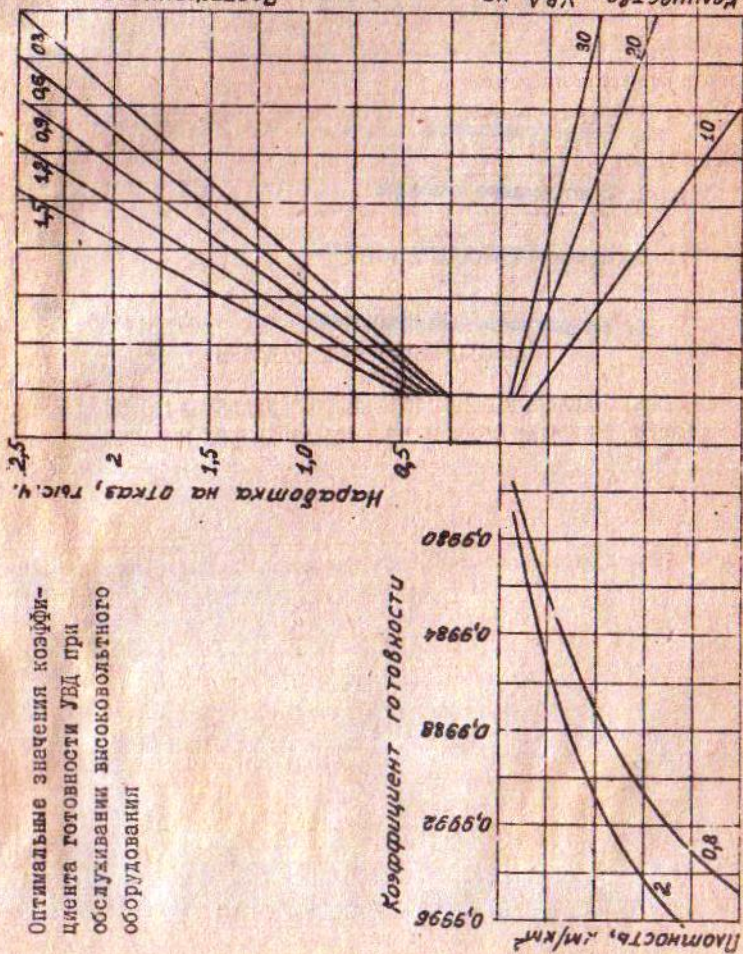


Рис. 10.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Общие положения	5
2. Контрольные осмотры	8
3. Профилактические ремонты	12
4. Оперативное обслуживание	20