

**МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА СССР**

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

# **СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**Выпуск 149**

**Новая техника в эксплуатации оросительных  
систем Средней Азии и Казахстана**

**Ташкент — 1976**



МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

# СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ВЫПУСК 149

Новая техника в эксплуатации оросительных  
систем Средней Азии и Казахстана

Ташкент—1976



УДК 626.01

В сборнике трудов САНИИРИ освещаются вопросы новой техники эксплуатации оросительных систем Средней Азии и Казахстана: оценивается эффективность внутрипочвенного орошения на участках с различными свойствами почво-грунтов, некоторых видов дождевальной техники; механизации гидромелиоративных работ ; даются рекомендации по внедрению автоматизации и телемеханизации межхозяйственных оросительных каналов; по режимам орошения сельскохозяйственных культур и экономики водного хозяйства.

Материалы сборника могут быть использованы работниками научно-исследовательских и проектных институтов и в практике эксплуатационной техники

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Духовный В.А. (отв.ред.САНИИРИ), Аодужаббаров А.А., Алимов Х.А., Жулаев А.Ж. (ред. КазНИИВХ), Валентини Г.Г., Дерлятка Т.И., Кеберле С.И., Лактаев Н.Т., Мухамедов А.М. (зам.ред.), Пак П.Н., Пулатов У.Ю., Якубов Х.И. (зам.ред.).



Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им. В.Д.Журина, 1976.



Н.Т. ЛАКТАЕВ  
канд. техн. наук  
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

# К ВОПРОСУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЛОТКОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛИВА

Использование для полива хлопчатника и других пропашных сельскохозяйственных культур лотков автоматизированного полива имеет большую перспективу. Однако предполагаемая равномерность распределения воды между бороздами по фронту полива, т.е. эффективность применения лотков значительно зависит от степени соответствия фактически получаемого гидравлического режима расчетным предположениям и точности монтажа лотков при строительстве.

Различаются следующие принципиальные схемы (или гидравлические режимы) устройств, автоматизирующих бороздковый полив (рис. I).



Рис. I. Возможные принципиальные схемы устройств автоматического полива (по гидравлическим режимам):  
1 — линия бровки лотка; 2 — линия свободной поверхности; 3 — линия оси центра водовыпусков; 4 — линия дна.



Схема 1 - Лоток с постоянным уклоном дна имеет одинакового диаметра отверстия или насадки, расположенные в высотном отношении параллельно свободной поверхности воды в водотоке.

Схема 2 - Отверстия или насадки лотка находятся на одной высоте от дна, которое устроено с переменным уклоном по длине, специально рассчитанным так, чтобы глубина наполнения вдоль потока была постоянной.

Схема 3 - Лоток с постоянным или нулевым уклоном дна имеет отверстия или насадки, расположенные на одном уровне. Однако они имеют различные диаметры или меняющиеся коэффициенты расходов за счет различных сопротивлений.

Схема 4 - Лоток с любым уклоном, практически приемлемым для данной трассы поля (постоянным, переменным, нулевым, обратным), имеет водовыпуски-регуляторы. Устройство тарируется один раз на весь период эксплуатации, или водовыпуски регулируются каждый раз в начале полива.

Каждая из указанных схем может быть осуществлена в виде отдельного поливного лотка с глухой перемычкой в конце или, в благоприятных условиях (достаточных уклонов поля), в виде секций длинного каскадного лотка-канала. Секции каскада отделены друг от друга небольшими перепадами с затворами. Уровень воды в каждой секции при пропуске ее в нижние секции, т.е. при работе в "транзитном" режиме, должен находиться ниже водовыпусков в борозды. Это достигается за счет кривой спада или устройства, автоматизирующего закрытие водовыпусков в верхней трети (или половине) секции лотка.

Из приведенных четырех схем самой технологичной в строительстве и эксплуатации является схема 2-я, предложенная Л.Г. Щуровой /1/. Уточнению гидравлического расчета этой схемы посвящена данная статья.

Теоретические основы движения жидкости переменной массы созданы В.М.Макавеевым, И.М.Коноваловым, Я.Т.Нянько, А.С.Кожевниковым, П.Г.Киселевым, А.Н.Петрашевым и наиболее подробно разработаны Г.А.Петровым /2/.



Уравнение Г.А.Петрова /2/, полученное им из условия непрерывной раздачи по длине водовода, имеет вид:

$$d\left(\frac{\alpha_0 V^2}{2g}\right) + dh + dz + i_f dx + \frac{\alpha_0 (V-\theta)V}{g} \frac{dQ}{Q} = 0, \quad (1)$$

где  $\alpha_0$  - корректив, учитывающий неравномерность распределения скорости по живому течению;  
 $V$  - средняя скорость;  
 $h$  - глубина;  
 $Z$  - отметка дна;  
 $i_f$  - уклон сил трения,  $i_f = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}$ ;  
 $R$  - гидравлический радиус;  $C$  - коэффициент Шези;  
 $\theta$  - проекция скорости отделяющегося расхода на направление скорости основного потока;  
 $Q$  - расход потока.

Знаки некоторых приращений, в зависимости от гидравлического режима, могут быть и отрицательными. По рекомендации Г.А.Петрова,  $\alpha_0$  принимается равным 1,035; угол отделения массы (расхода) по отношению к основному потоку обычно составляет  $90^\circ$ , поэтому  $\theta = 0$ , а последний член левой части уравнения (1) при этом условии записывается в виде

$$\frac{\alpha_0 (V-\theta)V}{g} \cdot \frac{dQ}{Q} = \frac{\alpha_0 V}{g\omega} dQ = \frac{\alpha_0 Q}{g\omega^2} dQ. \quad (2)$$

Уравнение (1) без дополнительных математических связей между входящими в него параметрами (неизвестными) не решается. В проектной практике его решают приближенным интегрированием, ведя расчет от сечения к сечению, расположенных на достаточно близком одно от другого расстоянии -  $\Delta X$ .

Для проектирования используется следующее расчетное уравнение:

$$\Delta h + \Delta Z = \frac{Q_2^2 \Delta X}{\omega_2^2 C_2^2 R_2} - \frac{\alpha_0 (V_2^2 - V_1^2)}{2g} + \frac{\alpha_0 (Q_2^2 - Q_1^2)}{g\omega_2^2}, \quad (3)$$



где  $\Delta h$  - разность глубин в расчетных сечениях или разность напоров (для трубопроводов); для схемы 2  $\Delta h = 0$ , а для других схем  $\Delta h$  надо задаваться;

$\Delta Z$  - разность отметок дна; при постоянном уклоне дна -  $\Delta Z = i \Delta X$  ;

$\Delta X$  - длина отрезков между расчетными сечениями; остальные обозначения прежние.

Точность гидравлического расчета (по формуле (3)) зависит от числа (длины) расчетных отрезков -  $\Delta X$ . Эта трудность преодолима с помощью ЭВМ.

По данной формуле (3) можно рассчитывать лотки для всех перечисленных выше схем. Однако, для схемы 2 уравнение (I) легко интегрируется, т.е. получается простая расчетная формула  $Z = f(X)$ . Расчет значительно облегчается, если вести интегрирование снизу вверх по течению воды в лотке, т.е. ось "X" -ов направить против течения.

Исходная расчетная схема показана на рис.2. Согласно рисунку запас удельной энергии в сечении I-I (нижнем), соответствующий уровню  $\mathcal{E}_{I-I}$ , равен

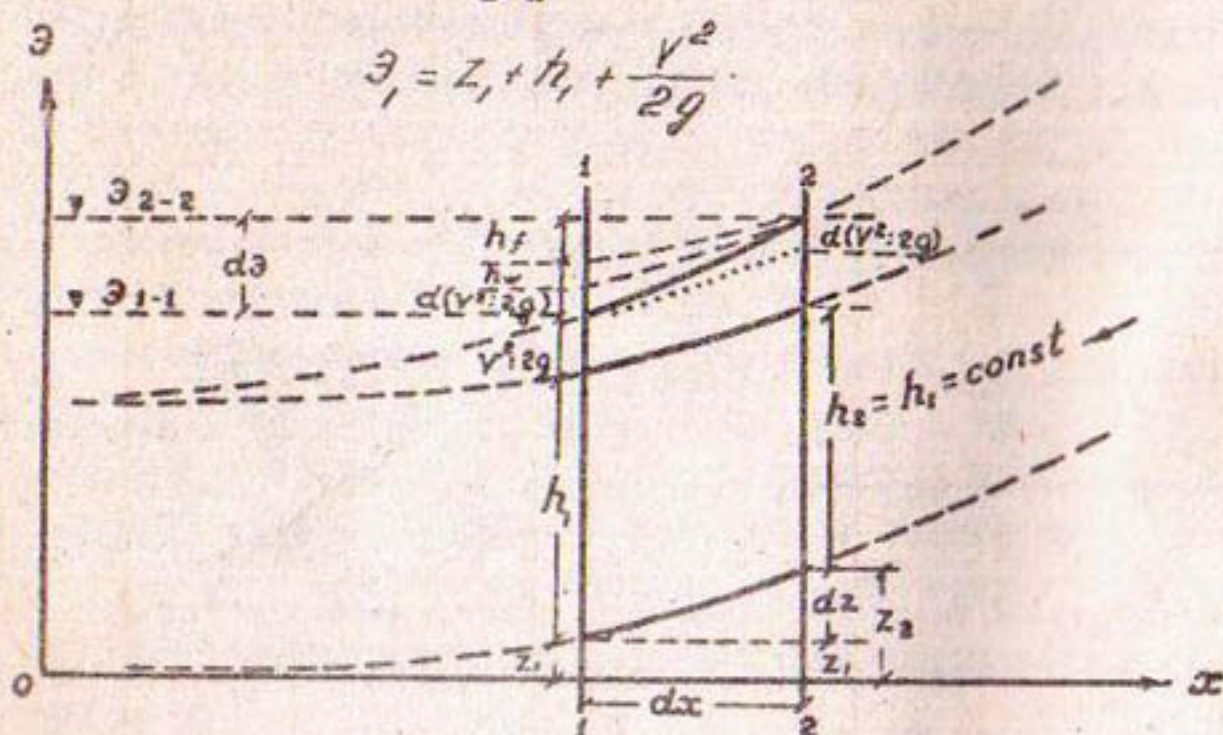


Рис. 2. Схема к выводу расчетных формул (4) и (5).

Чтобы получить задаваемый нами режим потока, т.е. определить нужное превышение дна в сечении 2-2 (верхнем) -  $\alpha Z$ ,



необходимо  $\mathcal{E}_{I-I}$  довести до  $\mathcal{E}_{2-2}$ . Для этого к уровню энергии в первом сечении следует прибавить:

- энергию на возрастание скоростного напора -  $d(\frac{\alpha_0 V^2}{2g})$ ;
- затраты энергии на отделение массы -  $h_w$ , причем согласно (2) при  $\theta = 0$   $h_w = \frac{\alpha_0 V}{g\omega} dQ$ ;
- потерю энергии на трение  $h_f = \frac{Q^2}{\omega^2 c^2 R} dx$

Тогда используя уравнение Бернулли с корректирующим членом -  $h_w$ , предлагаемым Г.А.Петровым, который приводит ординаты чертежа в сечениях к единому масштабу, можно записать:

$$\begin{aligned} (z_1 + h_1 + \frac{\alpha_0 V_1^2}{2g}) + d(\frac{\alpha_0 V^2}{2g}) + \frac{\alpha_0 V}{g\omega} dQ + \frac{Q^2}{\omega^2 c^2 R} dx = \\ = z + dz + h_1 + \frac{\alpha_0 V_1^2}{2g} + d(\frac{\alpha_0 V^2}{2g}). \end{aligned}$$

После сокращений и переносов уравнение упрощается:

$$dz = \frac{Q^2}{\omega^2 c^2 R} dx + \frac{\alpha_0 V}{g\omega} dQ. \quad (4)$$

Для нашего частного, конкретного случая — расчета гидравлического режима по 2 схеме -  $h = const$ ,

$$\omega = const, Q = qx, dq = qdx, V = \frac{Q}{\omega} = \frac{qx}{\omega}, \frac{VdQ}{g\omega} = \frac{q^2 x}{g\omega^2} dx,$$

$$dz = \frac{q^2}{\omega^2 c^2 R} x^2 dx + \frac{\alpha_0 q^2}{g\omega^2} x dx.$$

После интегрирования

$$z = \frac{q^2}{3\omega^2 c^2 R} x^3 + \frac{\alpha_0 q^2}{2g\omega^2} x^2 + C', \quad (5)$$

так как при  $x = 0$ ,  $z_0 = 0$ ,  $C' = 0$  (постоянная интегрирования в отличие от коэффициента Пези).

Полученное уравнение  $z = f(x)$  не является уравнением линии удельной энергии  $\mathcal{E} = f(x)$  для неравномерного режима при постоянном расходе

$$\mathcal{E}_{(x)} = z(x) + \frac{V^2 x}{2g} + h(x). \quad (6)$$



С учетом ( 5 ) уравнение  $z(x)$  для лотка автоматического полива при  $h = const$  имеет вид:

$$z(x) = \frac{q^2}{3\omega^2 c^2 R} x^3 + \frac{\alpha_0 q^2}{g\omega^2} x^2 h. \quad (7)$$

В знаменателе второго члена правой части отсутствует двойка, что указывает на учет дополнительной затраты энергии на отделение расхода (массы) по пути.

Так при помощи формулы ( 5 ) можно избежать громоздких расчетов с применением ЭВМ или формулы Л.Г.Шуровой. Построив графики  $z = f(x)$  для стандартных расходов в борозды -  $q$ , можно получить профиль лотка с любым практически приемлемым головным расходом, т.е. любой длины, отрезав ненужную в конкретных случаях левую часть графика.

На рис. 3 пунктирными линиями показаны продольные профили дна лотка автоматического полива, рассчитанные по формуле ( 5 ) (при  $C = const$ ) для голодностепских лотков ЛР-60 с наполнением  $h = 0,5$  и при разных расходах в борозды -  $q$ .

Уравнение ( 5 ) имеет существенный недостаток. Поскольку для заданного гидравлического режима наполнение лотка и гидравлический радиус постоянны вдоль потока, то и коэффициент Шези  $C$ , зависящий по показательным формулам от  $R$  и  $n$ , считается постоянным.

Однако известно, что коэффициент  $C$  зависит также от числа Рейнольдса  $Re$ , т.е. скорости и кинематической вязкости. Если вязкость можно считать постоянной, то скорость в лотках существенно меняется вдоль пути. Таким образом сам коэффициент  $C$  является функцией  $x$ .

Для расчета лотков, монтируемых из параболических железобетонных секций индустриального изготовления рекомендуется определять  $C = f(Re) = f(V) = f(\frac{q}{\omega} x)$ , основываясь на эмпирическом соотношении ЮНИИГим 3, полученным в результате больших полевых гидравлических исследований подобных лотков:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda(1,74 - 0,63 Re \cdot 10^{-6})}} = \\ = 8,39 \lg[9,19 Re \sqrt{\lambda(1,74 - 0,63 Re \cdot 10^{-6})}] - 30,63. \quad (8)$$



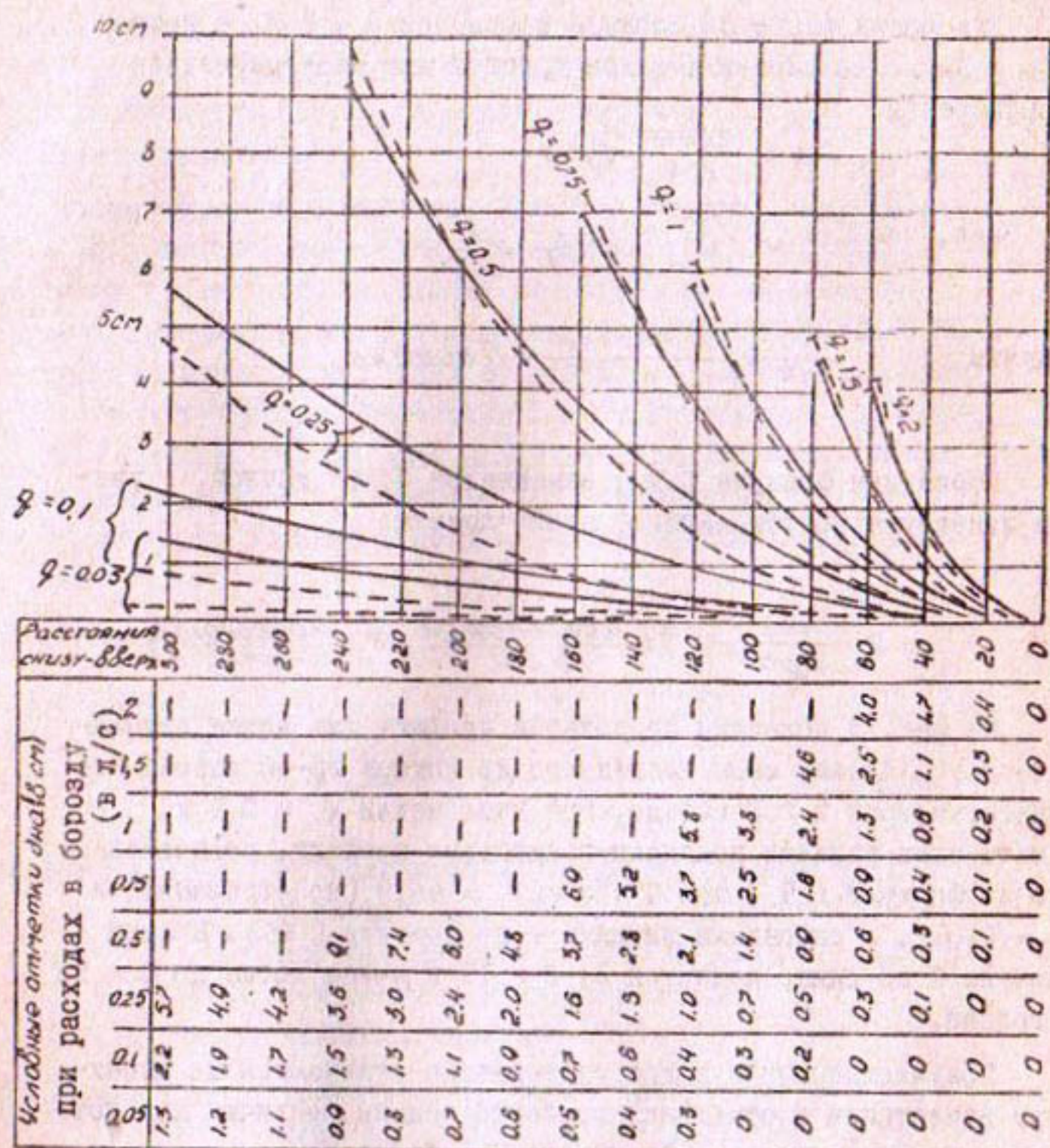


Рис. 3. Продольные профили дна лотков автоматического полива при разных расходах в борозду по междурядьям 0,6 м ( за нуль принята отметка дна в конце лотка ):

1 ————— профили по формуле (9);

2 - - - - - профили по формуле (5).



Для наших расчетов сложное соотношение ( 8 ), с точностью  $\pm 3\%$  можно заменить более простой для интегрирования зависимостью

$$\lambda = \frac{0,0035}{\sqrt{1,5}} + 0,019.$$

Зная, что  $C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$ ,  $\alpha \frac{1}{C^2} = \frac{\lambda}{8g}$ ,

получим  $\frac{1}{C^2} = \frac{0,0000446}{\sqrt{1,5}} + 0,000245,$

Расчетная формула ( 5 ) заменяется более точной, с учетом изменения коэффициента  $C$  вдоль потока:

$$Z = \frac{\alpha g^2}{2g\omega^2} x^2 + \frac{0,00002972x^{\frac{1}{2}}}{\omega^{\frac{1}{2}}R} + \frac{0,00001049x^2}{\omega^2 R^2} \quad (9)$$

На рис. 3 показаны продольные профили дна лотка автоматического полива, смонтированного из лотков Лр-60 завода Голодностепстроя в г. Бекабаде, при наполнении  $h = 0,5$  м. Пунктирными линиями показаны продольные профили, рассчитанные по формуле ( 5 ) при  $C = const = 46,9$  (по Агроскину) и  $n = 0,017$ , а сплошными линиями - по формуле ( 9 ). В этой формуле  $C$  по длине меняется от  $C = 15$  в конце лотка до  $C = 56$  в голове.

Полученные профили дна существенно отличаются по характеру начертания и отметкам; особенно велики различия для лотков с малыми расходами. Формула ( 9 ) более точно учитывает гидравлику потока с переменным расходом.

Из рис. 3 также видно, что для коротких лотков, вернее, для лотков с головным расходом менее 100 л/с, т.е. при относительно малых расходах и скоростях (малое число Рейнольдса), потери по пути не превышают 1-2 см. Устанавливается почти горизонтальная свободная поверхность. Нет необходимости рассчитывать такие лотки, если назначать поперечное сечение в голове конструктивно, из условия, что  $V_0 \leq 0,3$  м/с. Короткие лотки применимы для поперечных схем полива. Точность гидравлических расчетов зависит от надежности исходных пара-



## II

метров (коэффициентов  $\lambda$  и коэффициента расхода водовыпусков -  $\mu$ ), поэтому перед массовым внедрением важно провести в достаточном объеме гидравлические исследования на экспериментальных лотках.

Кроме надежности расчета, т.е. наличия достоверных  $\lambda$ ,  $\eta$  и  $\mu$ , желательно обеспечить возможно высокую точность выполнения высотного положения лотка при его монтаже на трассе. Конечно, лоток будет работать удовлетворительно только при небольших отклонениях от расчетных головных расходов и расходов в борозду. Расчетным головным расходом является средний рабочий расход воды полеводческой бригады. Поэтому очень важно приучить хозяйства пользоваться именно рабочим расходом, а не распылять воду на одновременный полив в 2-3 местах.

## Л и т е р а т у р а

1. Щурова Л.Г. Исследования и совершенствование приемов орошения хлопчатника с помощью поливных лотков. Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд.техн.наук. ТИИИМСХ, Ташкент, 1973.
2. Петров Г.А. Движение жидкости с изменением расхода воды вдоль пути. Стройиздат, М., 1951.
3. Ефремов А.В. и др. Рекомендации по уточнению гидравлического расчета лотковых каналов, улучшению конструкции и технологии изготовления железобетонных лотков. ЮжНИИГиМ, Новочеркасск, 1973.



В.К. СЕВРЮГИН

ст.научн.сотр. НИСТО  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ РАБОТЫ ДАЛЬНЕСТРУЙНЫХ  
ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ФРОНТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ И  
МЕТОДИКЕ ПОСТРОЕНИЯ ИХ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Исследование дальнеструйных дождевальных машин фронтального действия типа ДДФ-100, выполненные в САНИИРИ в 1970 - 1975 гг., позволили выявить основные достоинства машин этого типа, наметить пути их дальнейшего совершенствования и разработать методы расчета и построения их рабочих характеристик.

Фронтальные машины известны с 30-х годов /1/. Одной из первых технологических схем работы машин этого типа была схема, при которой машина передвигалась вдоль открытого оросителя, осуществляя полив по обе стороны от оси движения посредством дождевальных струй. При этом равномерность распределения осадков достигалась за счет разбрызгивания струй рассекателями, последовательно вводимыми и выводимыми из струй.

Предложенная в САНИИРИ в 1969 г. инж. В.С.Бондаревским схема работы фронтальной машины отличалась от вышеописанной тем, что разбрызгивание струй осуществлялось непрерывно путем ввода в струю лопаток активной турбинки, разбивающих ее на отдельные отрезки. Такая схема, которую будем именовать схемой (I-I), обеспечивала высокую равномерность полива. Однако воздействие на струю турбинки приводило к снижению дальности ее полета.

В.С.Бондаревским, В.К.Севрюгиным и Н.Н.Боевым в 1970 г. была выполнена схема, при которой дождевая струя последовательно подавалась то в одну, то в другую сторону от оси движения машины (схема П-I) /2/.

В 1973 г. В.К.Севрюгин и д.т.н. А.П.Исаев разработали схему с импульсной подачей воды (схема Ш-I).

Автором, на основании исследований упомянутых выше схем, были предложены схемы с периодическим вводом разбрызгивателей в струи (табл. I, схемы I-2, П-2, Ш-2, IV-1, IV-2).



| СХЕМЫ РАБОТЫ СТРУЙНЫХ АППАРАТОВ                                                              |                                 |                      |                                         |                                |                                                            |                                 |                                             |                                |                                                                |                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| ПОЗИЦИОННО ПО КРУГУ                                                                          |                                 | В ДВИЖЕНИИ ПО ФРОНТУ |                                         |                                |                                                            | В ДВИЖЕНИИ ПО ФРОНТУ-ИМПУЛЬСАМИ |                                             |                                |                                                                |                                |
| ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ                                                                          |                                 | СТРУЯ НЕ ВОЗМУЩАЕТСЯ | ОДНОВРЕМЕННАЯ ПОДАЧА ВОДЫ В ДВЕ СТОРОНЫ |                                | ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ПОДАЧА ВОДЫ ТО В ОДНУ ТО В ДРУГУЮ СТОРОНУ |                                 | ОДНОВРЕМЕННАЯ ПОДАЧА ИМПУЛЬСА В ДВЕ СТОРОНЫ |                                | ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ПОДАЧА ИМПУЛЬСА ТО В ОДНУ ТО В ДРУГУЮ СТОРОНУ |                                |
|                                                                                              |                                 |                      | СТРУЯ ВОЗМУЩАЕТСЯ ПОСТОЯННО             | СТРУЯ ВОЗМУЩАЕТСЯ ПЕРИОДИЧЕСКИ | СТРУЯ ВОЗМУЩАЕТСЯ ПОСТОЯННО                                | СТРУЯ ВОЗМУЩАЕТСЯ ПЕРИОДИЧЕСКИ  | СТРУЯ ВОЗМУЩАЕТСЯ ПОСТОЯННО                 | СТРУЯ ВОЗМУЩАЕТСЯ ПЕРИОДИЧЕСКИ | СТРУЯ ВОЗМУЩАЕТСЯ ПОСТОЯННО                                    | СТРУЯ ВОЗМУЩАЕТСЯ ПЕРИОДИЧЕСКИ |
| № СХЕМЫ                                                                                      |                                 | I-0.                 | I-1.                                    | I-2.                           | II-1.                                                      | II-2.                           | III-1.                                      | III-2.                         | IV-1.                                                          | IV-2.                          |
| I. УСЛОВИЕ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ: $N = \text{const}; Q = \text{const}; K_{\text{эп}} = \text{const}$ |                                 |                      |                                         |                                |                                                            |                                 |                                             |                                |                                                                |                                |
| 1.                                                                                           | РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ АППАРАТАМИ     | 1.0                  | 1.16                                    | 1.37                           | 1.28                                                       | 1.41                            | $K \cdot 1.16$                              | $K \cdot 1.37$                 | $K \cdot 1.28$                                                 | $K \cdot 1.41$                 |
| 2.                                                                                           | ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПО РАСХОДУ        | 1.0                  | 1.0                                     | 1.0                            | 1.0                                                        | 1.0                             | 1.0                                         | 1.0                            | 1.0                                                            | 1.0                            |
| 3.                                                                                           | ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПО ШИРИНЕ ЗАХВАТА | 1.0                  | 0.86                                    | 0.73                           | 0.78                                                       | 0.71                            | $0.86:K$                                    | $0.73:K$                       | $0.78:K$                                                       | $0.71:K$                       |
| 4.                                                                                           | ДИАМЕТР НАСАДОК                 | 1.0                  | 0.71                                    | 0.71                           | 1.0                                                        | 1.0                             | $K \cdot 0.71$                              | $K \cdot 0.71$                 | $K \cdot 1.0$                                                  | $K \cdot 1.0$                  |
| 5.                                                                                           | КРИТЕРИЙ ФРУДА $F_2$            | 1.0                  | 1.41                                    | 1.41                           | 1.0                                                        | 1.0                             | $\frac{1}{K} \cdot 1.41$                    | $\frac{1}{K} \cdot 1.41$       | $\frac{1}{K} \cdot 1.0$                                        | $\frac{1}{K} \cdot 1.0$        |
| 6.                                                                                           | КРИТЕРИЙ РЕЙНОЛЬДСА $Re$        | 1.0                  | 0.71                                    | 0.71                           | 1.0                                                        | 1.0                             | $K \cdot 0.71$                              | $K \cdot 0.71$                 | $K \cdot 1.0$                                                  | $K \cdot 1.0$                  |
| K; K <sub>1</sub> ... - КОЭФФИЦИЕНТЫ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ КОНСТРУКЦИИ ИМПУЛЬСНОГО АППАРАТА.         |                                 |                      |                                         |                                |                                                            |                                 |                                             |                                |                                                                |                                |

В отличие от общепринятой схемы позиционной работы струйных аппаратов по кругу (схема I-0), описанные схемы фронтальных машин имеют ряд преимуществ, выявить которые позволяет предлагаемая ниже методика расчета и сравнения струйных аппаратов, показанная на конкретном численном примере.

В качестве базисной технологической схемы работы струйных аппаратов примем позиционную схему работы по кругу (I-0), а в качестве базисной машины примем дальнеструйную дождевальную машину ДДН-70 и сравним ее с машинами фронтального действия ДДФ, работающими по схемам (I-1), (I-2), (II-1), (II-2).

Для построения рабочих характеристик машины ДДН-70 применим методику, аналогичную методике А.П.Исаева [3], видоизменив систему координат.

По индивидуальным характеристикам насоса 6к-13, используемого в машине ДДН-70, для расходов 40-80 л/с определим значение напора (Н) перед насадкой и КПД ( $\eta$ ) насоса (табл.2, позиции 1,2,3). Далее расчетным путем установим значения мощности, потребляемой на формирование струи (поз.4) и трактором (поз.5); требуе-



Таблица 2

## РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МАШИН ДДН-70 и ДДФ

| СХЕМА I-0 |                                                  |      |       |       |       |       |    | СХЕМА I-2                             |       |       |       |      |       |
|-----------|--------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|----|---------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| 1         | $H, м$                                           | 625  | 65    | 60    | 53    | 49    | 20 | $L/\Delta_{2c}$                       | 2320  | 2120  | 1960  | 1720 | 1560  |
| 2         | $Q, л/с$                                         | 40   | 50    | 60    | 70    | 80    | 21 | $L_{2c}, м$                           | 62,6  | 65,6  | 66,5  | 67,0 | 65,5  |
| 3         | $\eta$                                           | 0,75 | 0,80  | 0,81  | 0,8   | 0,75  | 22 | $W, м$                                | 125,2 | 131,2 | 133   | 134  | 131   |
| 4         | $N_c = \frac{Q \cdot H}{95}$                     | 36   | 43,3  | 48    | 44,5  | 52,3  | 23 | $P_{2c}$                              | 1,55  | 1,42  | 1,28  | 1,14 | 1,13  |
| 5         | $N_T = \frac{N_c}{0,775}$                        | 62,2 | 71,2  | 77    | 80    | 90,6  | 24 | $P_{2a}$                              | 0,49  | 0,54  | 0,58  | 0,6  | 0,69  |
| 6         | $\Delta_c = \sqrt{\frac{L \cdot Q}{2 \cdot 95}}$ | 58,9 | 43    | 48    | 53,6  | 58    |    | СХЕМА II-1                            |       |       |       |      |       |
| 7         | $H/\Delta_c$                                     | 1700 | 1480  | 1280  | 970   | 830   | 25 | $\Delta_c$                            | 38,9  | 43    | 48    | 53,6 | 58    |
| 8         | $L/\Delta_c$                                     | 1940 | 1800  | 1640  | 1420  | 1280  | 26 | $H/\Delta_c$                          | 1700  | 1480  | 1230  | 970  | 830   |
| 9         | $L, м$                                           | 75,3 | 77    | 78,5  | 76    | 74    | 27 | $L/\Delta_c$                          | 1520  | 1420  | 1300  | 1160 | 1060  |
| 10        | $2L_{2c}, м$                                     | 90   | 92,5  | 94,2  | 91,2  | 89    | 28 | $L, м$                                | 59,4  | 61    | 62,4  | 62,0 | 61,4  |
| 11        | $P_c = \frac{L \cdot Q}{27c}$                    | 1,55 | 1,42  | 1,28  | 1,14  | 1,13  | 29 | $W, м$                                | 118,8 | 122   | 124,8 | 124  | 122,8 |
| 12        | $P_{2a}$                                         | 0,69 | 0,97  | 0,816 | 0,896 | 1,02  | 30 | $P_c$                                 | 1,55  | 1,42  | 1,28  | 1,14 | 1,13  |
| СХЕМА I-1 |                                                  |      |       |       |       |       | 31 | $P_{2a}$                              | 0,52  | 0,58  | 0,62  | 0,69 | 0,85  |
| 13        | $\Delta_{2c} = \frac{L \cdot Q}{\sqrt{2}}$       | 27   | 31    | 34    | 39    | 42    |    | СХЕМА II-2                            |       |       |       |      |       |
| 14        | $H/\Delta_{2c}$                                  | 2460 | 2040  | 1740  | 1330  | 1150  | 32 | $L/\Delta_c$                          | 1940  | 1800  | 1640  | 1420 | 1280  |
| 15        | $L/\Delta_{2c}$                                  | 1720 | 1620  | 1500  | 1340  | 1240  | 33 | $L, м$                                | 75,3  | 77    | 78,5  | 76   | 74    |
| 16        | $L_{2c}, м$                                      | 46,3 | 50,2  | 51    | 52,4  | 52,4  | 34 | $W, м$                                | 151   | 154   | 157   | 152  | 148   |
| 17        | $W, м$                                           | 92,6 | 100,4 | 102   | 104,8 | 104,8 | 35 | $P_c$                                 | 1,55  | 1,42  | 1,28  | 1,14 | 1,13  |
| 18        | $P_{2c} = \frac{L \cdot Q}{A/c}$                 | 1,55 | 1,42  | 1,28  | 1,14  | 1,13  | 36 | $P_{2a}$                              | 0,41  | 0,46  | 0,49  | 0,53 | 0,61  |
| 19        | $P_{2a}, м$                                      | 0,67 | 0,91  | 0,95  | 0,96  | 0,86  |    | $f=0,985; c=0,93; e=1,0$ насос 64-13. |       |       |       |      |       |



мый диаметр струи ( $D_c$ ) (поз.6) и относительный напор истечения ( $H/D_c$ ). Затем по характеристикам функциональной зависимости относительной дальности полета струи ( $L/D_c$ ) от относительного напора ( $H/D_c$ ), полученным опытным путем /4/, определим по  $H/D_c$  значение  $L/D_c$  (поз.8).

Абсолютную дальность полета струи получим из уравнения

$$L = \frac{L}{D_c} \cdot D_c. \quad (1)$$

При этом диаметр полива определится путем удвоения значения  $L$ , а расстояние между оросителями с учетом 40% перекрытия орошаемых площадей — по зависимости

$$2L_{ш} = 2L \cdot 0,6. \quad (2)$$

Удельную энергоемкость (по производительности) находим из выражения

$$e_c = \frac{N_{тр}}{Q}, \quad (3)$$

а удельную энергоемкость (по ширине захвата) — из выражения

$$e_{ш} = \frac{N_{тр}}{2L_{ш}}. \quad (4)$$

Применительно к фронтальным машинам (схемы I-I, I-2, П-I, П-2), работающим с теми же насосом и трактором, выполним дополнительные расчеты (поз.13-36).

При этом для схемы (I-I) диаметр каждой из двух струй будет в  $\sqrt{2}$  раз меньше чем диаметр струи, рассчитанной для схемы (I-0), так как весь расход машины одновременно распределяется через два сопла (поз.13), т.е.

$$D_{2c} = D_c / \sqrt{2}. \quad (5)$$

Поскольку абсолютное значение напора перед насадкой для схем (I-0) и (I-I) сохраняется однозначным, то относительный напор для схемы (I-I) будет :

$$H/D_{2c} = H : (D_c / \sqrt{2}). \quad (6)$$

Из выражения (6) следует, что в сравнении со схемой (I-0) относительный напор истечения увеличивается в  $\sqrt{2}$  раз (поз.14).



Относительную дальность полета для каждой струи также определим по данным, приведенным в работе /4/. При этом для получения сравнимых данных значение показателя сплошности  $C$  /5,6/ выберем таким образом, чтобы равномерность полива по схеме (I-I) соответствовала равномерности полива по схеме (I-0). Поскольку для машины ДДН-70 коэффициент эффективного полива без учета перекрытий составляет  $K_{эф.п.} = 0,38$ , то значение показателя сплошности  $C$  будем искать соответственно  $K_{эф.п.}$  из графика (рис. I), полученного опытным путем в результате статистической обработки большого количества данных распределения слоя дождя по длине струи. Из графика следует, что значение  $K_{эф.п.} = 0,38$  соответствует  $C = 0,73$ . Именно для этого значения  $C$  и определим  $L/d_{ec}$  (поз. 15).

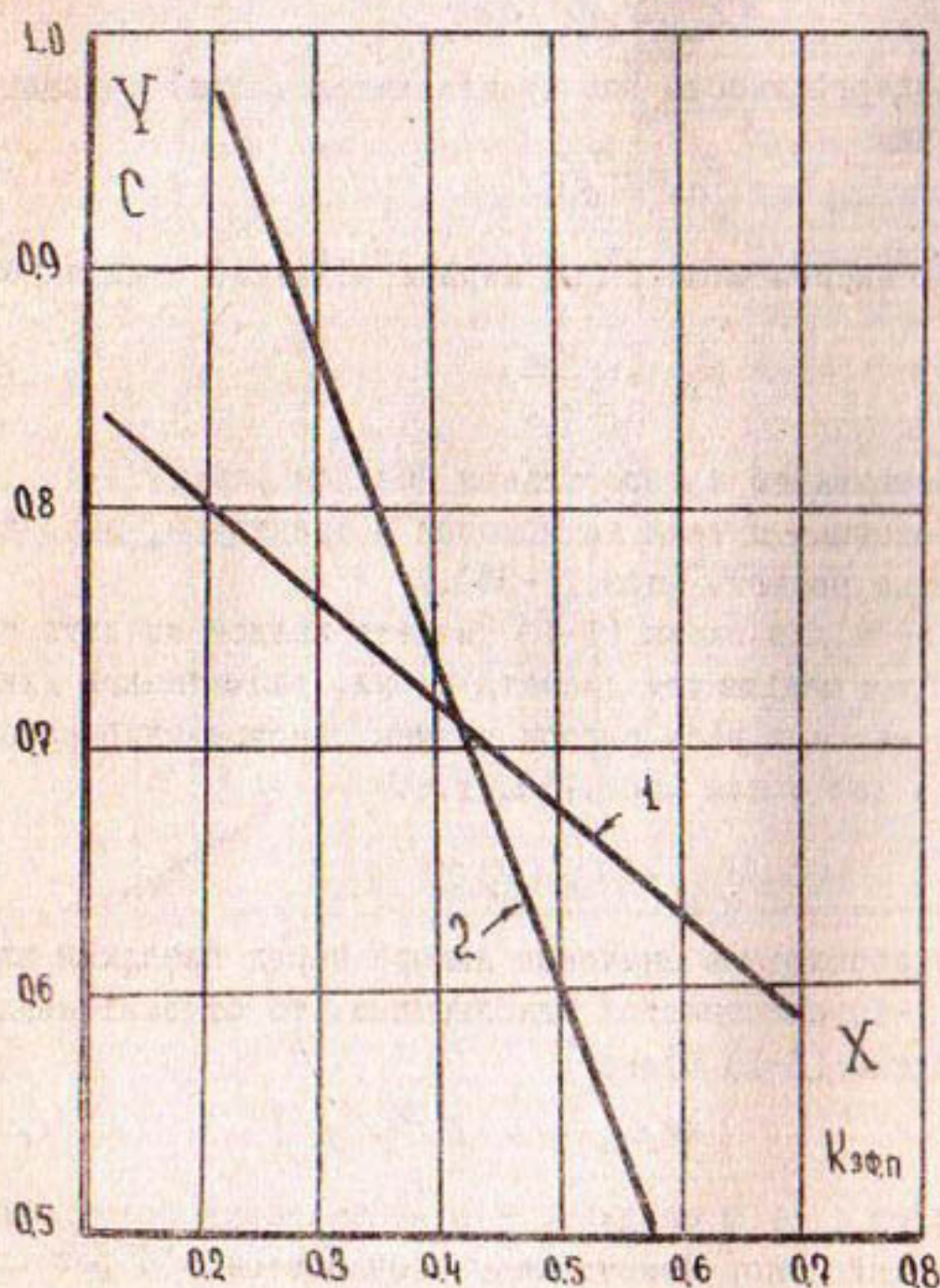


Рис. I







Для оценки описанных схем фронтальных машин необходимо оговорить условия их сравнения.

По первому условию будем считать, что потребляемые мощности ( $N$ ) сравниваемых машин, расходы ( $Q$ ), равномерность полива постоянны и равны между собой, то есть  $N = const$ ,  $Q = const$ ,  $K_{эф.п} = const$ . При этом ту из схем, которая обеспечит наибольшую ширину захвата машин или наименьший диаметр капель дождя, можно считать наилучшей.

По второму условию сравним схемы, для которых, помимо постоянных  $N$  и  $K_{эф.п.}$ , диаметры капель дождя, образующегося при распаде струи, также однозначны. При этом будем считать, что последнее обеспечивается при равенстве критериев Рейнольдса и Фруда. Тогда по второму условию сравниваемые схемы должны иметь однозначные параметры:  $N = const$ ;  $K_{эф.п.} = const$ ,  $Re = const$ ;  $Fr = const$ . В этом случае наилучшей будет схема, при которой достигается наибольшая производительность машины.

Дополним данные табл. 2 расчетными значениями чисел Рейнольдса и построим рабочие характеристики машин ДДН-70 и ДДФ (рис. 2). Анализируя последние, отметим, что при сравнении по условию первому наибольшее расстояние между аппаратами (оросителями) обеспечивается при фронтальном способе работы по схеме (II-2), а наименьшее — по схеме (I-0). Остальные варианты занимают промежуточное значение.

При фронтальном способе непрерывной работы в две стороны (схемы I-I, I-2) обеспечиваются наиболее высокие значения критерия Фруда, что, по данным ряда исследователей [1, 3], приводит к снижению средних размеров капель дождя. Значение критерия Рейнольдса при этом снизится в  $\sqrt{2}$  раз, что, по данным А.П.Исаева, вызывает увеличение относительного диаметра капель  $d_k/d_c$  [3]. Однако при одновременной подаче воды в две стороны диаметр каждой струи также меньше диаметра одной струи в  $\sqrt{2}$  раз, следовательно, абсолютные размеры капель в этом случае не должны измениться. При воздействии же на струю разбрызгивателей абсолютные размеры капель получаются значительно ниже.



При схемах (П-1, П-2) значения критериев Рейнольдса и Фруда те же, что и при схеме (I-0), поэтому распад струй (без учета средств управления) можно считать однозначным.

Если теперь сравнить технологические схемы, исходя из второго условия, можно увидеть, что схема (I-1) позволяет снизить энергоемкость.

В самом деле, рис.2 показывает, что область однозначных чисел " $Fr$ " для схемы (I-1) располагается в зоне более высокой производительности. Например, значение чисел Фруда, равное 1400, обеспечивается ДДН-70 при производительности 53 л/с, а ДДФ (схемы I-1, I-2) - при производительности 69 л/с.

Задавшись равенством чисел Рейнольдса, например,  $Re = 13 \cdot 10^5$ , для машины ДДН-70 при схеме (I-0) получим производительность, равную 31 л/с, а для ДДФ (схемы I-1, I-2) - 80 л/с. Это преимущество фронтальных машин с непрерывной подачей воды в две стороны является очень важным.

Если идти по этому пути, то при заданной мощности можно смоделировать насос с более высокой производительностью и пониженным напором, позволяющий при работе дождевателя двухстороннего действия получить дождь, равненный по качеству дождю, образуемому при работе дождевателя кругового действия.

Рабочие характеристики такой машины изображены на рис.3, из которого видно, что значению  $N/D_c = 1000$ , оптимальному для машины ДДН-70 (70 л/с), соответствует производительность фронтальной машины одновременного двухстороннего действия, равная 83 л/с, а область однозначных чисел Рейнольдса отодвигается в зону еще большей производительности.

Результаты сравнения различных технологических схем работы струйных аппаратов приведены в табл. I, в которой оценка основных показателей представлена в относительных единицах к базисному варианту (схема I-0).

Анализ табл.2 позволяет отметить два основных направления совершенствования фронтальных машин.

Первый заключается в моделировании насосов повышенной производительности, а второй - в создании аппаратов с изменяющейся шириной захвата и соответственно изменяющимися характеристиками дождя.

Второе направление представляется наиболее перспективным. Ожидаемый экономический эффект от внедрения одной ма-



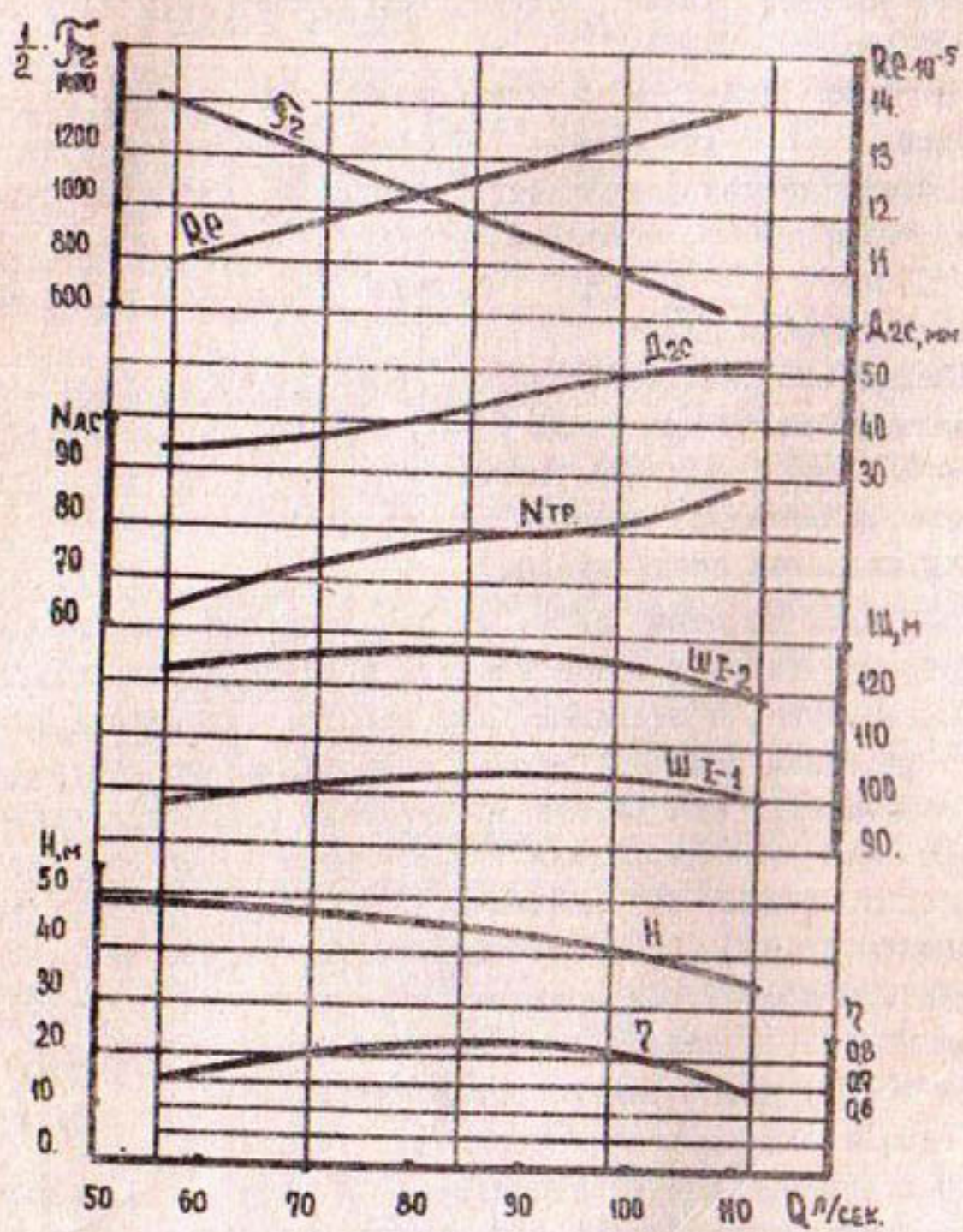


Рис. 3



шины с регулируемыми характеристиками дождя в сравнении с машиной ДДА-100М составит 2500 руб.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать описанную выше методику для расчета основных параметров дальнеструйных дождевальных машин фронтального действия.

### Л и т е р а т у р а

1. В.В. Б е л я е в, Б.М. Л е б е д е в. Дождевальные машины. М., Изд-во Машиз, 1957.
2. В.С. Б о н д а р е в с к и й, В.К. С е в р ю г и н, Н.Н. Б о е в. Дождевальная установка. Автор. свид. № 392986. Бюллетень "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки" № 33, М., 1973.
3. А.П. И с а е в. Гидравлика дождевальных машин. М., Изд-во "Машиностроение", 1973.
4. В.К. С е в р ю г и н. О влиянии ветра на дальность полета прерывных струй. Сб. научных трудов, вып. 145, Ташкент, САНИИРИ, 1975.
5. А.П. И с а е в, В.К. С е в р ю г и н. Исследование средств управления распадом струй для дальнеструйных дождевальных машин, работающих в движении. Сб. научных трудов, вып. 141, Ташкент, САНИИРИ, 1974.
6. В.К. С е в р ю г и н. Исследование рабочего органа дождевальной машины фронтального действия ДДФ-100. Сб. научных трудов, вып. 145, Ташкент, САНИИРИ, 1975.



Г.А. БЕЗБОРОДОВ  
ст. научн. сотр.  
(САНИИРИ им. В.Д. ЖУРИНА)

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОРАСПРЕДЕЛИ- ТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПОВЕРХНОСТНЫМ ПОЛИВОМ

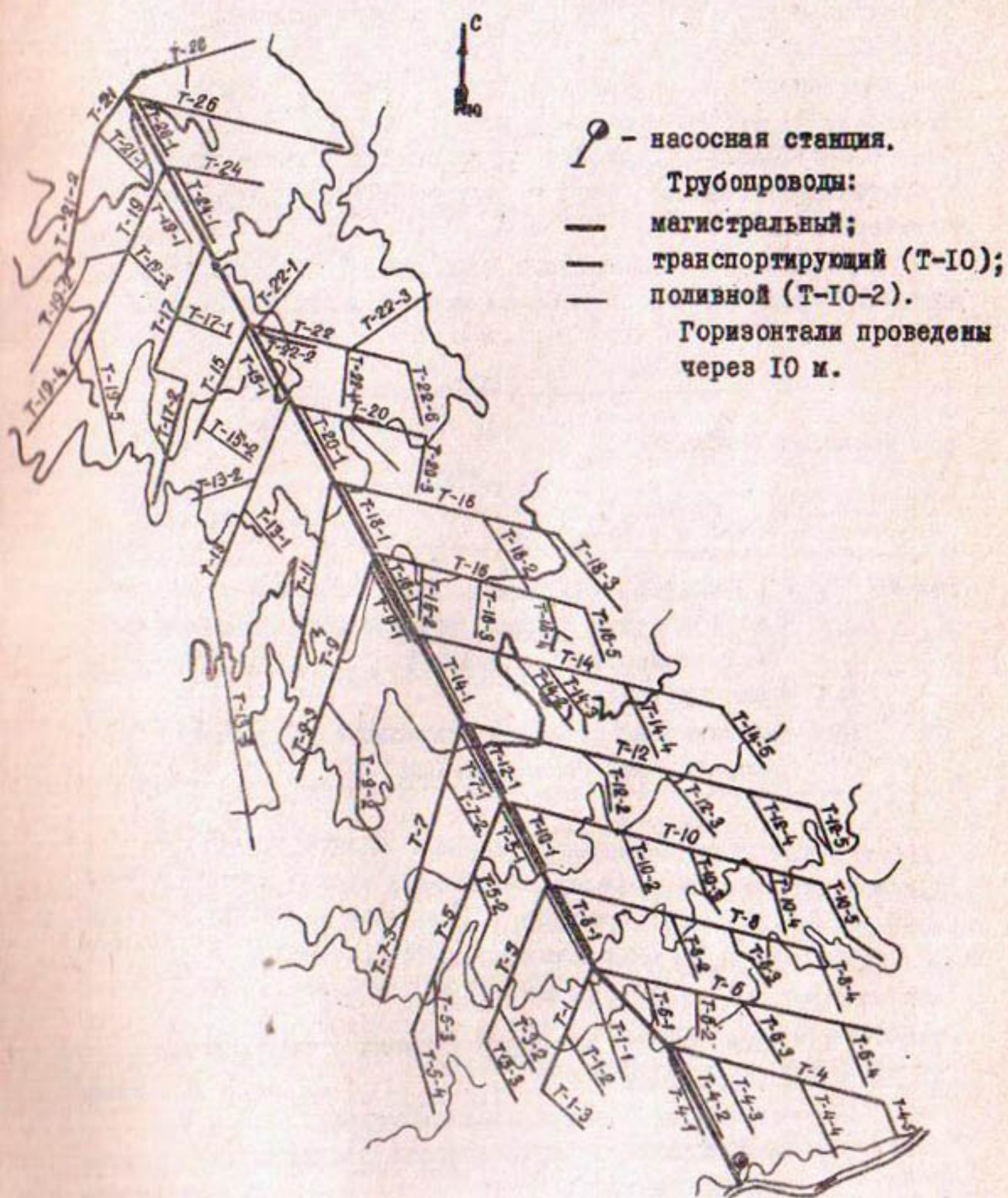
Освоение предгорий Средней Азии, которое в настоящее время интенсивно ведется в Ферганской, Вахшской, Обикийской долинах, требует строительства сложных разветвленных водораспределительных систем с поверхностным поливом. Такие системы представляют собой гидравлический комплекс "насосная станция — закрытая сеть", где сеть состоит из трубопроводов разной категории /рис. I/. При условии очередности в проведении поливов время работы трубопроводов разного ранга будет не одинаковым: поливные трубопроводы будут работать меньше всех, магистральный же трубопровод — непрерывно в течение всего вегетационного периода — 180 суток. Время работы транспортирующих трубопроводов зависит от схемы сети и по расчету для тупиковых водоводов Тирякурганской системы составляет 30 суток, для закольцованных попарно — 60, закольцованных по три — 90 суток.

Отсюда и условия работы отдельных звеньев сети оросительных систем аридной зоны различны. Эта особенность должна быть учтена в технико-экономических расчетах систем подачи и распределения воды.

Расчет водоводов /трубопроводов без путевого расхода/ состоит в определении наиболее выгодных стандартных диаметров труб. Проблематичность использования известных формул для этой цели заключается в неопределенности выбора ближайшего стандартного диаметра по вычисленному, как правило, приближенному его значению. Эту неопределенность исключает метод "пределных расходов".

Сущность этого метода — нахождение таких расходов, при которых два смежных стандартных диаметра дают одинаковое значение отношения стоимости линии при стандартном диаметре к стоимости при наиболее выгоднейшем. Таким образом, для "пределных расходов" стоимость линии будет одинаковой при примене-





План Трякурганской закрытой  
оросительной системы.



нии двух смежных сортаментных диаметров. Исходя из этого, для стандартных труб могут быть составлены таблицы "пределных расходов". Для этого достаточно приравнять выражение приведенной стоимости для двух смежных диаметров и из полученного уравнения найти величину "пределного расхода".

В приведенную стоимость трубопроводной линии входят строительная стоимость труб и текущие издержки по линии и насосной станции.

Для меньшего стандартного диаметра  $D_1$  выражение приведенной стоимости единицы длины трубопровода имеет вид:

$$V_1 = bD_1^\alpha + \frac{\beta Q^{n+1}}{D_1^m}, \quad (1)$$

для большего диаметра  $D_2$  -

$$V_2 = bD_2^\alpha + \frac{\beta Q^{n+1}}{D_2^m}. \quad (2)$$

Здесь  $V$  - приведенные затраты;

$b, \alpha$  - коэффициенты формулы определения строительной стоимости  $I$  м трубы ( $S = \alpha + bD^\alpha$ );

$Q$  - расход воды;

$m, n$  - показатели степеней одночленной формулы определения потерь напора

$$i = K \frac{Q^n}{D^m}; \quad (3)$$

$$\beta = \frac{K \cdot 24 \cdot t}{10^9 \cdot 102 \cdot \eta} \cdot \frac{G \delta}{(E + R)}, \quad (4)$$

где  $t$  - время работы насосной станции в году, сут.;

$K$  - коэффициент в (3);

$G$  - стоимость 1 кВт·ч. электроэнергии;

$\delta$  - коэффициент неравномерности расходования электроэнергии;

$\eta$  - КПД насосных агрегатов;

$E$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$R$  - отчисления на амортизацию и текущий ремонт по сети.



Приравняв выражения (1) и (2), получим зависимость для определения "предельных расходов"

$$Q_{\text{пред}} = \left( \frac{b}{\beta} \right)^{\frac{1}{n+1}} \left( \frac{D_2^\alpha - D_1^\alpha}{D_1^{-m} - D_2^{-m}} \right)^{\frac{1}{n+1}} \quad (5)$$

Необходимые параметры для расчета по ф-ле (5) приводятся в табл. I.

Т а б л и ц а I

Значения параметров, определяющие  
выбор диаметров труб

| Материал<br>труб | П а р а м е т р ы |         |      |          |        |     |
|------------------|-------------------|---------|------|----------|--------|-----|
|                  | $n$               | $K$     | $m$  | $\alpha$ | $\rho$ | $b$ |
| Асбестоцемент    | 1,85              | 0,00118 | 4,89 | 1,65     | 7,3    | 45  |
| Сталь            | 1,90              | 0,00179 | 5,10 | 1,47     | 4,6    | 52  |
| Полиэтилен       | 1,77              | 0,00105 | 4,77 | 1,33     | 4,6    | 80  |

Методика расчета требует представления формул расчета потерь напора в виде одночлена. Поэтому для асбестоцементных труб использована формула Н.Н.Абрамова, для стальных — формула М.М.Андряшева, аппроксимирующие двучленную формулу Ф.А.Шевелева. Параметры одночленной формулы для расчета потерь напора в полиэтиленовых трубах получены путем подстановки коэффициента Дарси-Вейсбаха, исследованного Ф.А.Шевелевым, в одноименную формулу.

Параметры, входящие в (4), за исключением  $\mathcal{J}$ , общеизвестны. Так, стоимость электроэнергии составляет 1 коп. за кВт·ч; КПД насосных агрегатов принят в размере 0,7; нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений равен 0,12; отчисления на амортизацию и текущий ремонт соответствуют установленным нормам.

Коэффициент неравномерности расходования электроэнергии  $\mathcal{J}$  по смыслу должен выражать колебания водоподачи в



часовом, суточном и сезонном разрезе. Для оросительных систем это связано с изменением водоподачи в соответствии с режимом орошения, обеспеченностью источника орошения, влажностью года и другими факторами. Однако до настоящего времени исследований по определению  $\gamma$  практически не проводилось. Вследствие этого в некоторых нормативных документах, освещающих вопросы расчета сложных закрытых оросительных систем, параметр  $\gamma$  принят равным 1, что равносильно игнорированию изменения водоподачи в расчетные периоды работы системы. Рекомендаций по определению  $\gamma$  в гидравлических комплексах "насосная станция - закрытая сеть" нет. Это связано, в основном, с отсутствием на насосных станциях работоспособных водомерных устройств.

Параметр  $\gamma$ , следуя Н.Н.Абрамову, может быть определен так:

$$\gamma = \left( \frac{1}{a_0 a_1 a_2} \right)^3, \quad (6)$$

$a_0, a_1, a_2$  - коэффициенты сезонной, суточной и часовой неравномерности, соответственно.

Исследования всех коэффициентов неравномерности проводились на закрытой оросительной системе Тюркурганской насосной станции второго подъема. Коэффициент сезонной неравномерности определялся в результате анализа работы насосной станции за 4 года, как частное от деления продолжительности работы станции в экстремальный год на среднемноголетнее значение, и оказался равным 1,18.

Коэффициент суточной неравномерности представляет собой частное от деления максимально возможного времени работы станции в течение суток на фактическое среднее за расчетный год, составившее 19,6 часа. Таким образом,

$$a_1 = \frac{24}{19,6} = 1,225$$

Нахождение коэффициента часовой неравномерности связано с необходимостью измерения расхода воды, подаваемого насосной станцией. Одним из возможных путей, обусловленных наличием измерительных приборов - манометров-самописцев, является составление характеристики совместной работы на-



сосной станции и напорного трубопровода. Манометр-самописец марки МТС-712 с часовым механизмом и скоростью вращения диаграммы I оборот за сутки был установлен на напорном трубопроводе у здания насосной станции, и в течение вегетации 1974 г. снимались показания давления. На основе полученных диаграмм строились графики изменения напора и расхода в течение суток. Составлен осредненный режим работы насосной станции по часам суток. Получены значения наибольшего процента часового расхода и его нормы. Отношение этих значений дает коэффициент часовой неравномерности:

$$\alpha_2 = \frac{4,26}{4,17} = 1,025.$$

Подставив полученные значения в (6), определили, что коэффициент неравномерности равен 0,31. Округлив его до величины 0,3, произвели расчеты по (5) и результаты свели в табл.2.

Из табл. 2 видно, что с уменьшением времени работы при прочих равных условиях расход воды в трубах одинакового диаметра увеличивается. При этом экономические скорости также растут и, если для асбестоцементных труб максимальное значение при времени работы трубопровода 180 суток равно 2,77 м/с, то при времени работы 30 суток - 5,27 м/с. Поэтому с точки зрения устойчивости работы комплекса, кольцевание трубопроводов младшего ранга следует считать положительным, так как оно увеличивает число одновременно работающих линий и уменьшает расчетные скорости потока, влияющие на величину ударных давлений.

Для нахождения "предельных расходов" при других, отличных от принятых в расчете параметров, не обязательно проводить заново громоздкие расчеты. Достаточно воспользоваться простой формулой:

$$q_{пред} = q_r \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_r} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (7)$$

где  $q_r$  - табличное значение "предельного расхода";  
 $\varepsilon$  и  $\varepsilon_r$  - рассчитываемый и табличный экономические факторы.

$$\varepsilon = \frac{m\beta}{\alpha\delta}. \quad (8)$$



## Предельные расходы для труб из разных материалов

| Диаметр<br>условного<br>прохода,<br>мм | Асбестоцементные трубы           |                                  |                                 |                                  |                                  |                                  | Полиэтиленовые трубы             |                                   |                                  |                                  |                                  |                                   | Стальные трубы                   |                                  |                                  |                                   |                                  |                                  |
|----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                        | $\lambda=0,0197$<br>$t_1=30$ сут | $\lambda=0,0394$<br>$t_2=60$ сут | $\lambda=0,059$<br>$t_3=90$ сут | $\lambda=0,118$<br>$t_4=180$ сут | $\lambda=0,0139$<br>$t_1=30$ сут | $\lambda=0,0278$<br>$t_2=60$ сут | $\lambda=0,0417$<br>$t_3=90$ сут | $\lambda=0,0834$<br>$t_4=180$ сут | $\lambda=0,0353$<br>$t_1=30$ сут | $\lambda=0,0706$<br>$t_2=60$ сут | $\lambda=0,1059$<br>$t_3=90$ сут | $\lambda=0,2118$<br>$t_4=180$ сут | $\lambda=0,0353$<br>$t_1=30$ сут | $\lambda=0,0706$<br>$t_2=60$ сут | $\lambda=0,1059$<br>$t_3=90$ сут | $\lambda=0,2118$<br>$t_4=180$ сут | $\lambda=0,0353$<br>$t_1=30$ сут | $\lambda=0,0706$<br>$t_2=60$ сут |
| 100                                    | 23,5                             | 18,5                             | 16                              | 12,6                             | 35,3                             | 27,5                             | 23,8                             | 18,5                              | 21,4                             | 17,1                             | 14,8                             | 11,7                              | 21,4                             | 17,1                             | 14,8                             | 11,7                              | 21,4                             | 17,1                             |
| 125                                    | 36,6                             | 28,5                             | 25                              | 19,6                             | 53,1                             | 41,6                             | 35,7                             | 27,8                              | 33,8                             | 26,6                             | 23,4                             | 18,5                              | 33,8                             | 26,6                             | 23,4                             | 18,5                              | 33,8                             | 26,6                             |
| 150                                    | 59,6                             | 47                               | 40,8                            | 32                               | 88                               | 69,2                             | 59,5                             | 46,5                              | 50,6                             | 39,8                             | 34,8                             | 27,6                              | 50,6                             | 39,8                             | 34,8                             | 27,6                              | 50,6                             | 39,8                             |
| 175                                    | -                                | -                                | -                               | -                                | -                                | -                                | -                                | -                                 | 64,6                             | 51,2                             | 44,5                             | 35,1                              | 64,6                             | 51,2                             | 44,5                             | 35,1                              | 64,6                             | 51,2                             |
| 200                                    | 110                              | 85                               | 74,5                            | 57,8                             | 174                              | 136                              | 118                              | 91,2                              | 97                               | 74,2                             | 66                               | 52,4                              | 97                               | 74,2                             | 66                               | 52,4                              | 97                               | 74,2                             |
| 225                                    | -                                | -                                | -                               | -                                | -                                | -                                | -                                | -                                 | 120                              | 95                               | 82,5                             | 66                                | 120                              | 95                               | 82,5                             | 66                                | 120                              | 95                               |
| 250                                    | 170                              | 133                              | 117                             | 91,3                             | 276                              | 214                              | 186                              | 144                               | 158                              | 124                              | 109                              | 85                                | 158                              | 124                              | 109                              | 85                                | 158                              | 124                              |
| 275                                    | -                                | -                                | -                               | -                                | -                                | -                                | -                                | -                                 | -190                             | 151                              | 132                              | 105                               | -190                             | 151                              | 132                              | 105                               | -190                             | 151                              |
| 300                                    | 245                              | 195                              | 170                             | 132                              | -                                | -                                | -                                | -                                 | 235                              | 186                              | 163                              | 132                               | 235                              | 186                              | 163                              | 132                               | 235                              | 186                              |
| 325                                    | -                                | -                                | -                               | -                                | -                                | -                                | -                                | -                                 | 276                              | 219                              | 186                              | 148                               | 276                              | 219                              | 186                              | 148                               | 276                              | 219                              |
| 350                                    | 355                              | 276                              | 240                             | 191                              | -                                | -                                | -                                | -                                 | 355                              | 282                              | 246                              | 192                               | 355                              | 282                              | 246                              | 192                               | 355                              | 282                              |
| 400                                    | 468                              | 363                              | 316                             | 248                              | -                                | -                                | -                                | -                                 | 478                              | 380                              | 330                              | 257                               | 478                              | 380                              | 330                              | 257                               | 478                              | 380                              |
| 450                                    | -                                | -                                | -                               | -                                | -                                | -                                | -                                | -                                 | 616                              | 484                              | 422                              | 335                               | 616                              | 484                              | 422                              | 335                               | 616                              | 484                              |
| 500                                    | 831                              | 645                              | 562                             | 437                              | -                                | -                                | -                                | -                                 | 778                              | 624                              | 537                              | 428                               | 778                              | 624                              | 537                              | 428                               | 778                              | 624                              |
| 600                                    | 1320                             | 1025                             | 891                             | 700                              | -                                | -                                | -                                | -                                 | 1175                             | 935                              | 812                              | 645                               | 1175                             | 935                              | 812                              | 645                               | 1175                             | 935                              |
| 700                                    | 1860                             | 1412                             | 1235                            | 978                              | -                                | -                                | -                                | -                                 | -                                | -                                | -                                | -                                 | -                                | -                                | -                                | -                                 | -                                | -                                |



Приведенная методика выбора оптимального диаметра по таблице "пределных расходов" разработана для транзитных водоводов. Однако она может быть использована в технико-экономических расчетах сложных разветвленных сетей, базирующихся на методе "фиктивных" расходов Л.Ф. Мюшнина.



Б.А. КЕЛЕСБАЕВ  
рук. группы  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ГИДРАВЛИКИ СЕТИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ

Метод расчета увлажнителей сети внутрипочвенного орошения основан на численном решении дифференциальных уравнений потока с переменным расходом вдоль пути /1/. Необходимость применения этого метода при проектировании сети внутрипочвенного орошения требует установления опытным путем значений некоторых коэффициентов и, в целом, проверки сходимости решений упомянутых выше уравнений с действительной картиной движения воды в увлажнителе.

В связи с изложенным, в лабораторных и полевых условиях был проведен ряд опытов. В конструкции стенда предусматривалась возможность подачи воды в испытуемый трубопровод под заданным напором; измерения пьезометрических давлений вдоль трубопровода; определения расхода, подаваемого в трубопровод; установления расходов оттока из перфорационных отверстий и т.д.

Определение коэффициента сопротивления по длине —  $\lambda$ .  
Испытывались полиэтиленовые трубы различных диаметров в диапазоне чисел Рейнольдса, которые, по предварительным данным, могли иметь место в увлажнителях, работающих в реальных условиях. Результаты опытов (рис. 1) удовлетворительно согласуются с кривой, построенной по формуле Блазиуса /2/, в связи с чем последнюю мы рекомендуем использовать при гидравлических расчетах сети внутрипочвенного орошения.

Установление зависимости коэффициента расхода  $\mu$  перфорационного отверстия от скорости потока  $V$  в трубопроводе.  
Опыты, проведенные в достаточно широком диапазоне  $V$ , хотя и указывают на существование этой зависимости, однако последняя настолько слаба, что при расчетах можно принимать  $\mu = \text{const}$  (рис. 2).



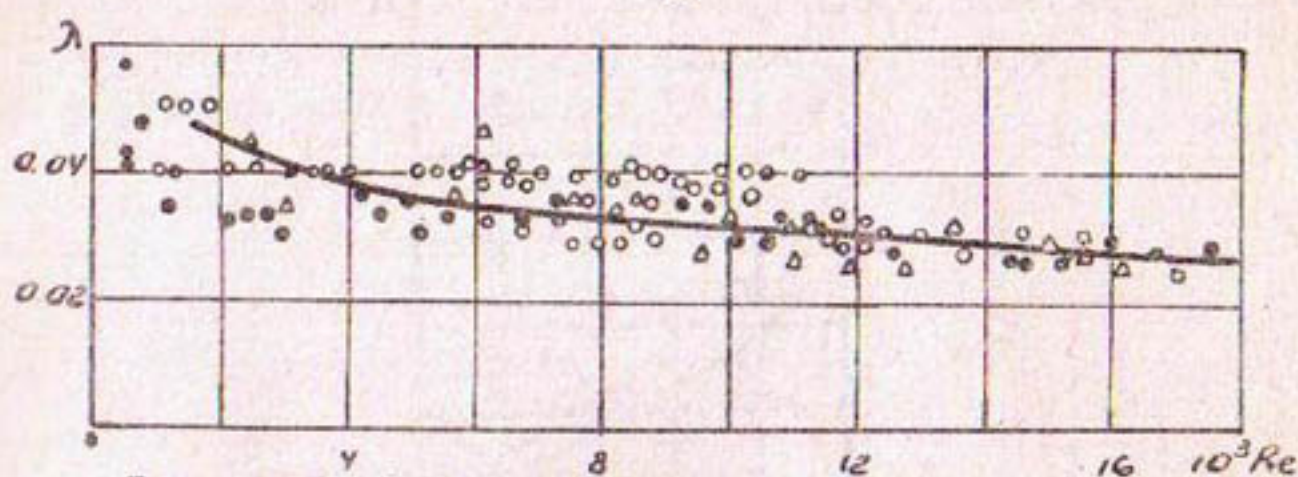


Рис. 1. График зависимости  $\lambda = f(Re)$ .

Условные обозначения:  $\bullet$  — при  $d = 1,55$ ;  
 $\circ$  — при  $d = 2,2$ ;  
 $\Delta$  — при  $d = 1,3$ .

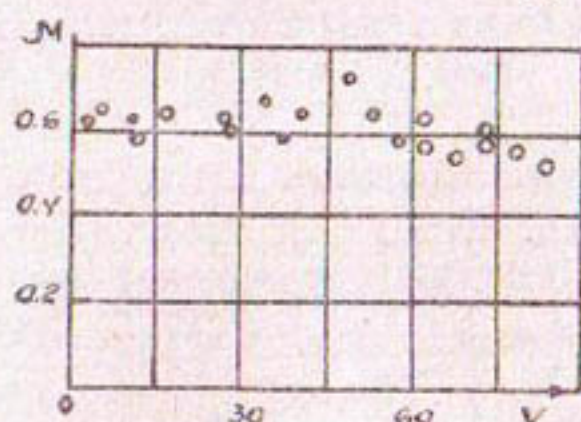


Рис. 2. График зависимости  $\mu = f(V)$ .

#### Определение коэффициента сопротивления штуцера — $\xi$ шт.

При закладке опытно-производственных участков сети внутрипочвенного орошения Главсредазирсовхозстрой использует Г-образные штуцеры, изготовленные посредством литья под давлением и служащие для присоединения увлажнителей к распределительному трубопроводу.

Результаты опытов (рис. 3) свидетельствуют о том, что  $\xi_{шт.}$  при отнесении последнего к сечению потока в штуцере ( $d_{шт.} = 24$  мм) равен 6,5.

Сопоставление опытных и вычисленных значений гидравлических характеристик потока с переменным расходом вдоль пути. Основная часть экспериментов проводилась в условиях установившегося режима движения воды в перфорированном трубопроводе. Опыты проводились при различных напорах в головной части трубопроводов с различной перфорацией. В процессе опытов за-



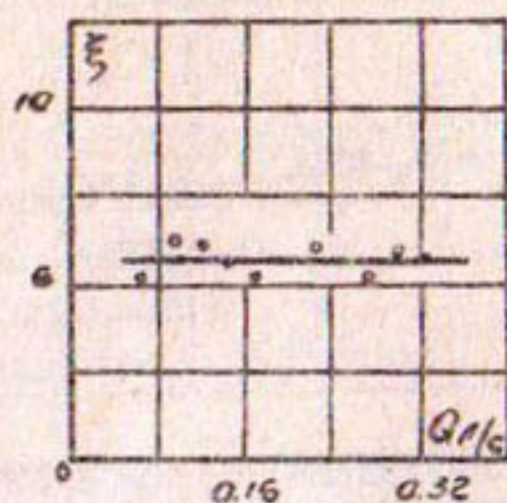


Рис. 3. График зависимости  $\xi_{\text{шт.}} = f(Q)$

мерялись расходы оттока по длине трубопровода и пьезометрической линии.

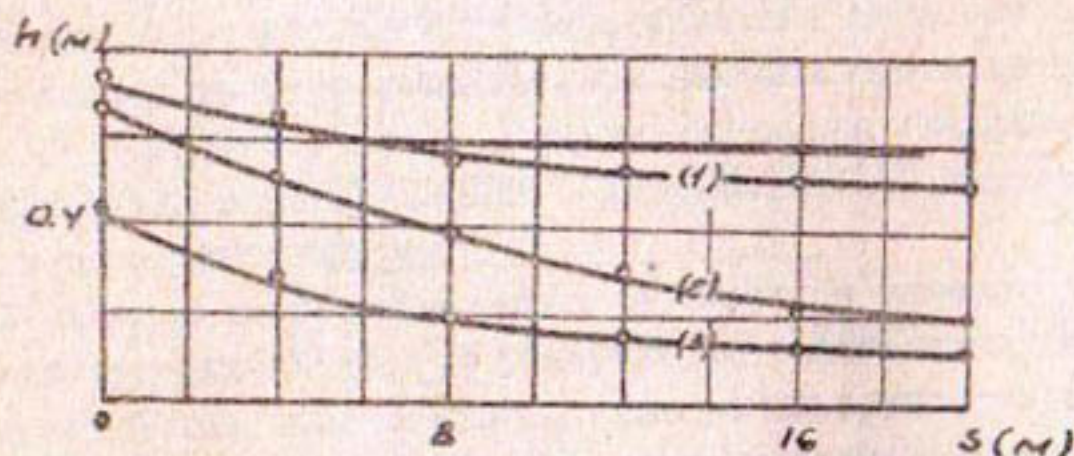


Рис. 4. График зависимости  $h = f(s)$ ; 1, 2, 3 серии опытов.

Условные обозначения:

- — теоретическая кривая;
- — опытные точки.

На рис. 4 представлены результаты опытов и данные сопоставления последних с расчетом. Такая же картина характерна для результатов остальных экспериментов, что свидетельствует об удовлетворительной сходимости решений уравнений движения с действительными характеристиками течения воды в перфорированном трубопроводе. Часть опытов была направлена на изучение процесса заполнения водой перфорированного трубопровода. В процессе опытов фиксировались положения фронта потока



в зависимости от времени. Опыты производились в условиях внезапного пуска воды в трубопровод, причем, в голове трубопровода напор поддерживался постоянным (рис. 5).

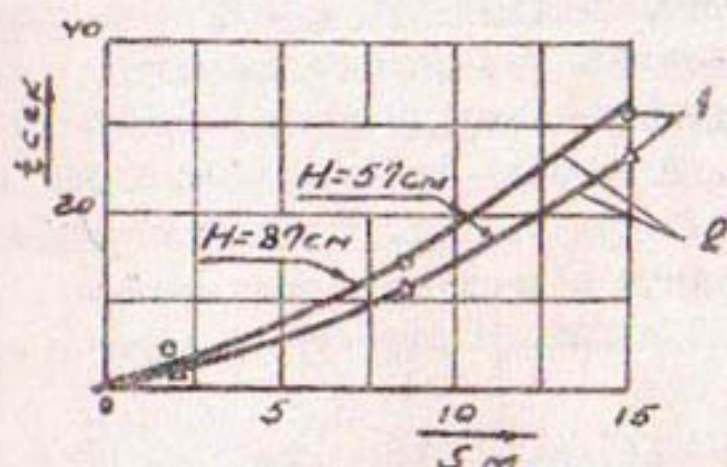


Рис. 5. График зависимости  $h = f(s, t)$ : 1 — опытные точки; 2 — теоретические кривые.

Результаты сопоставления расчета с опытом так же, как и в предыдущем случае указывают на удовлетворительную сходимость решения уравнения неустановившегося режима движения воды с переменным расходом вдоль пути с характеристиками такого движения в реальных условиях.

В гидравлических расчетах увлажнителей /1/ используется  $\mu_{усл}$  — некоторый условный коэффициент расхода перфорационного отверстия, учитывающий как геометрию отверстия, так и реакцию грунта, окружающего увлажнитель на истечение из отверстия. Понятно, что если при свободном истечении в атмосферу перфорационное отверстие характеризуется коэффициентом расхода  $\mu$ , то в основном  $\mu_{усл} < \mu$ . Можно предполагать, что  $\mu_{усл}$  будет зависеть от физико-механических свойств грунта, окружающего увлажнитель, и способа укладки последнего. Понятие о  $\mu_{усл}$  было ранее введено С.А.Шейнкиным для расчета поливных трубопроводов /3/.

Для проведения экспериментов, с целью установления значений  $\mu_{усл}$ , на хлопковом поле совхоза № 10 а Сырдарьинской области до сева были уложены увлажнители из полиэтиленовых труб с внутренним диаметром 20 мм и длиной 60 м. Увлажнители



имели различный шаг перфорации: через 25, 50, 75 и 100 см. Диаметр перфорационных отверстий был одинаков — 2 мм. Укладка увлажнителей производилась с соблюдением технологии, принятой Главредазирсовхозстроем при закладке опытно-производственных участков внутрипочвенного орошения.

Опыты производились с каждым увлажнителем в отдельности. Вода в увлажнитель впускалась из напорного бачка, уровень в котором поддерживался постоянным. В процессе опытов измерялись пьезометрические напоры и расходы в пяти створах, расположенных на расстоянии 15 м один от другого. Измерения производились через каждые 15–20 мин.

Как показали наблюдения, режим движения воды в увлажнителе в течение всего полива резко не установившийся с периодом колебаний 2–5 мин. Объяснение этому эффекту, по-видимому, нужно искать, во-первых, в присутствии и продвижении в воде воздушных пузырей, в последовательном образовании и исчезновении в разных местах увлажнителя воздушных камер и, во-вторых, в неоднородности грунта, окружающего увлажнитель, что обуславливает нестационарность оттока по мере распространения воды в окрестностях увлажнителя.

В работе /1/ высказывалось предположение о зависимости  $\mu_{\text{усл}}$  от времени. На эффект медленного изменения условий, благоприятствующих оттоку из увлажнителя по длине последнего, указывается в /4/ и /5/. Однако на фоне резких колебаний напоров и расходов, наблюдаемых в описываемых опытах, эффекта систематического изменения  $\mu_{\text{усл}}$  в процессе полива выявить не удалось.

В связи с изложенным, в настоящее время, по-видимому, нужно ориентироваться на упрощенную модель режима работы сети внутрипочвенного орошения: с момента пуска воды в сеть движение воды в последней происходит в условиях не установившегося режима: после заполнения сети имеет место режим, который можно условно назвать установившимся; последний длится до конца полива.

Используя в качестве граничного условия среднеарифметические значения концевых напоров, мы произвели расчет опытных увлажнителей при  $\mu_{\text{усл}} = 0,1; 0,2$  и  $0,3$ . Анализ полученных



данных (рис. 6) показывает, что лучшее приближение к результатам экспериментов имеют кривые  $h=f(s)$  и  $Q=f(s)$ , вычисленные при  $\mu_{\text{исл.}} = 0,2$ . Этим значением можно пользоваться при гидравлических расчетах сети, закладываемой в почвенных условиях, аналогичных тем, которые имели место в опытах (средний суглинок с объемным весом  $1,3 \text{ г/см}^3$ ; исходная весовая влажность: от 10% в слое 0–20 см от поверхности до 18% на глубине 100–110 см).

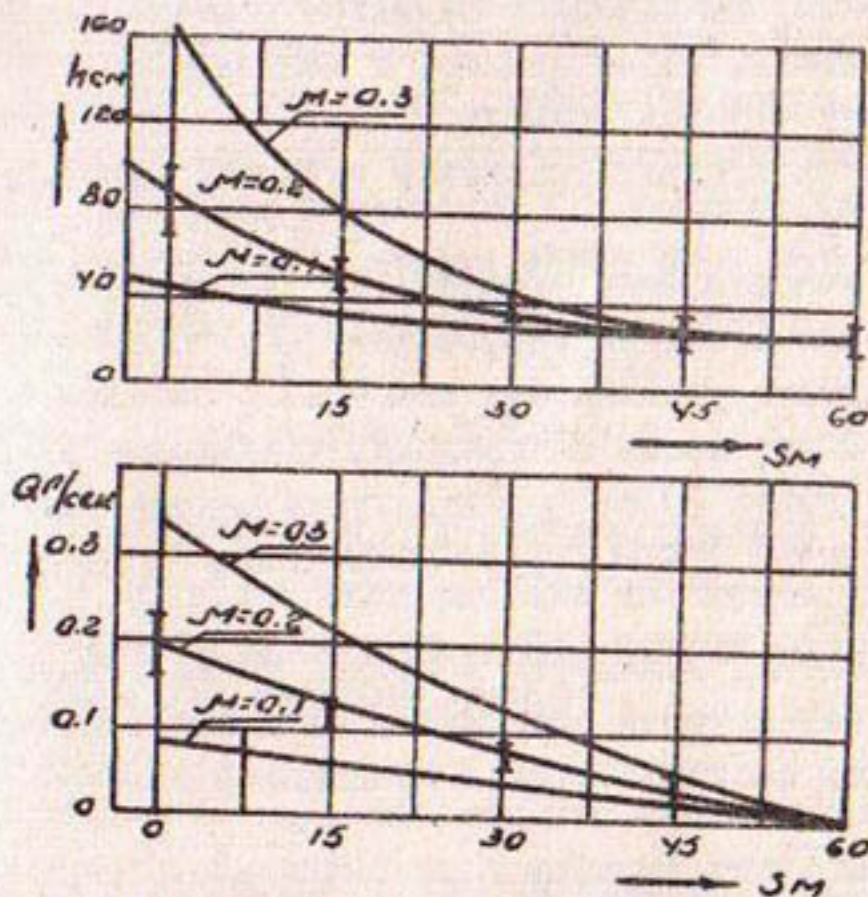


Рис. 6. Графики зависимости  $h=f(s)$  и  $Q=f(s)$

Условные обозначения:

- — теоретическая кривая;
- I — результаты опыта.

Цель еще одного эксперимента, проведенного в полевых условиях, — определение рационального шага перфорации увлажнителей. При планировании этого эксперимента принимались во внимание следующие соображения: а) трубопровод с излишне большим шагом перфорации, наряду с общей неравномерностью увлажнения по длине, создает некоторую "микронеравномерность" благодаря тому, что очаг увлажнения сосредотачивается в окрестностях пер-



фационных отверстий; б) неоднородность фильтрационных и капиллярных свойств почвенного слоя обуславливает неравномерность увлажнения даже в случае полива при помощи увлажнителя с бесконечно малым шагом перфорации. Картина такой неравномерности увлажнения наблюдалась в лабораторных условиях. Основанием для такого рода утверждения служат также существующие в настоящее время представления о характеристиках почвенного слоя /6/; в) в экономическом смысле выгодно назначать по возможности большой шаг перфорации; в этом случае общая неравномерность увлажнения, связанная с падением пьезометрической линии вдоль увлажнителя, будет меньше, и последняя, отвечая заданному КПД, будет иметь большую длину; указанное следует из анализа дифференциальных уравнений потока с переменным расходом вдоль пути /1/.

На опытном участке были уложены три увлажнителя длиной 12 м каждая с разными шагами перфорации: 20, 50 и 80 см. В процессе эксперимента увлажнители работали в течение 6-7 час под напором 50-60 см; после прекращения увлажнения вдоль каждого увлажнителя через 20 см производилось бурение на глубину 70 см от поверхности; пробы грунта отбирались через каждые 10 см по вертикали.

После определения влажности в каждой точке, где отбирались пробы, соответствующей обработкой были найдены кривые, соединяющие точки, соответствующие предельной полевой влажности.

Статистическую обработку кривых производили с целью определения корреляционной функции для каждой кривой (рис. 7).

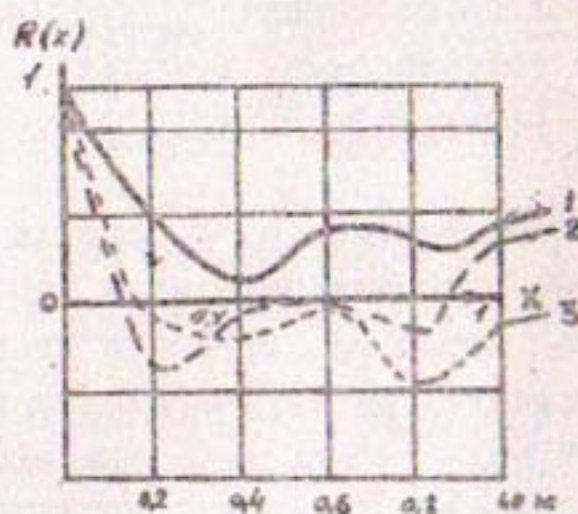


Рис. 7. Графики корреляционных функций: 1 — шаг перфорации — 0,8 м; 2 — шаг перфорации — 0,5 м; 3 — шаг перфорации — 0,2 м.



Известно [7], что гармоника случайной функции, обладающая наибольшей мощностью, определяется ходом корреляционной функции главным образом на участке  $\rho(s)_n = 1$  до  $\rho(s)_n = 0$ . Из приведенных на рис. 7 графиков следует, что корреляционные функции, соответствующие шагам перфорации 20 и 50 см на упомянутых участках, практически совпадают; в то же время корреляционная функция, соответствующая шагу 80 см, резко отличается от первых двух. Отсюда следует, что задавать шаг перфорации более 50 см нецелесообразно, так как при этом возрастает неравномерность увлажнения; при шагах перфорации менее 50 см отмечается практически одинаковая неравномерность увлажнения, а поэтому задавать малые шаги перфорации нет смысла. По-видимому, 50 см — тот шаг перфорации, который может быть признан рациональным при закладке сети внутрипочвенного орошения.

### Л и т е р а т у р а

1. Мухтаров М.П., Келесбаев Б.А. К вопросу о гидравлическом расчете увлажнителей системы внутрипочвенного орошения. Сб. научных трудов, вып. 145, Ташкент, САНИИРИ, 1975.
2. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных и асбоцементных водопроводных труб. Госстройиздат, 1956.
3. Шейкин Г.Я. и др. Оросительная сеть с закрытыми трубопроводами. М., "Колос", 1965.
4. Богумевский А.А. Некоторые вопросы подпочвенного орошения. ММВХ, Научные записки, т. XIX, 1956.
5. Канардов В.И. Исследование работы полиэтиленовых увлажнителей малого диаметра при круглогодичном подпочвенном орошении сточными водами. Автор. дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., 1974.



6. Р о д е А.А. Основы учения о почвенной влаге. Гидрометео-издат, 1963.
7. В е н т ц е л ь Е.С. Теория вероятностей. Госиздат физ-мат. литературы. М., 1958.



**А.В.БОЧАРИН**

канд.техн.наук, зав.сектором

(САНИИРИ им. В.Д.ЖУРИНА)

## РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПУСКОВОГО ПЕРИОДА ДЛЯ ВВОДИМЫХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Пусковой период — наиболее ответственный момент эксплуатации оросительных каналов, когда впервые по вновь построенному (реконструированному) каналу осуществляется пропуск воды. Неопределенными и нежелательными при этом могут быть следующие явления:

- просадочные деформации, связанные с изменением свойств грунта при замочке;

- размыв основания канала, возникающий из-за больших скоростей течения воды при неустановившемся режиме ее движения. Кроме того, при сильнофильтрующих грунтах основания канала и его большой протяженности важно установить время добегания пускового расхода до заданного створа.

Рассмотрим решение двух последних взаимосвязанных вопросов, которые пока не нашли отражения в литературе, но необходимость в которых остро ощущается при высоких темпах освоения орошаемых земель.

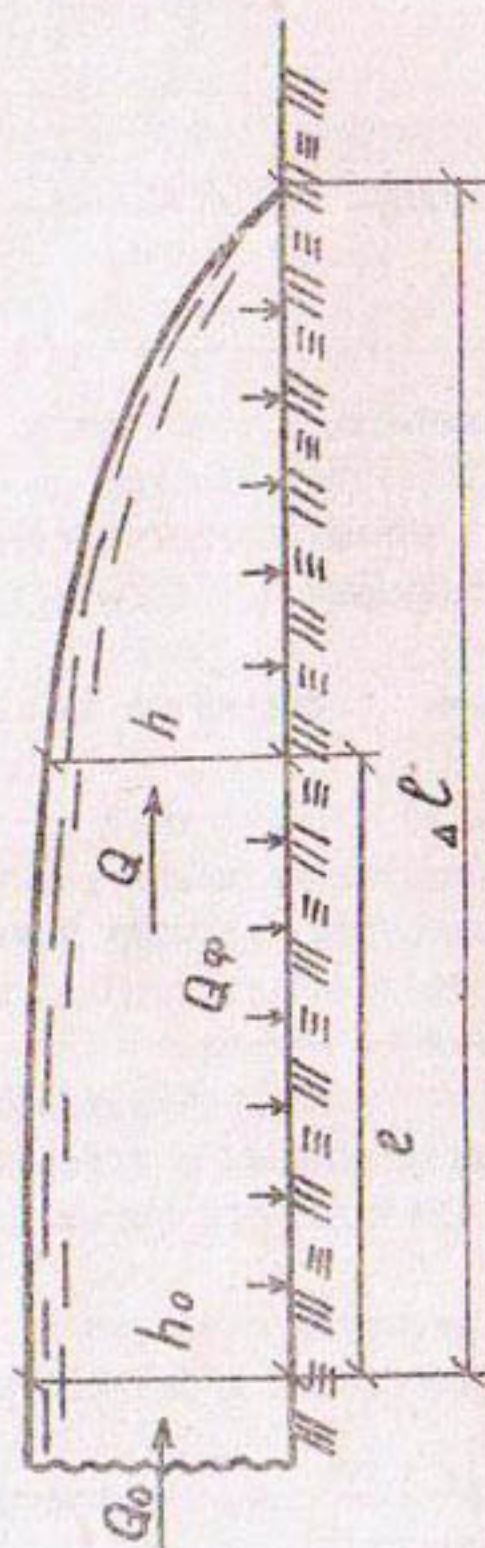
В общем виде задачи расчетов сводятся к следующему:

- определение времени добегания пускового расхода до заданного створа;

- установление пускового расхода, исключаяющего размыв русла или сводящего его к минимуму.

Известно, что пуск в работу канала осуществляется путем постепенного увеличения расхода в головной части до заданной величины. Тогда расчетную схему движения потока в пусковой период можно представить как медленно изменяющееся неустановившееся движение, где определяющими факторами изменения расхода по длине канала явятся фильтрационные потери (рисунком). Дифференциальное уравнение движения такого потока вы-





Расчетная схема движения волны попуская по сухому руслу.



разится так:

$$-\frac{dQ}{dL} = Q_{\text{ф}}, \quad (1)$$

где

$Q$  - расход канала;

$L$  - его длина;

$Q_{\text{ф}}$  - фильтрационные потери из канала на единицу его длины.

Интегрируя его для участка канала  $\Delta L$ , на котором головной расход ( $Q_0$ ) полностью пойдет на пополнение фильтрационных потерь (рисунок), получаем:

$$Q_0 = Q_{\text{ф}} \cdot \Delta L. \quad (2)$$

Для определения фильтрационных потерь воспользуемся известной зависимостью С.Ф. Аверьянова для стадии впитывания, которая будет преобладающей в пусковой период:

$$Q_{\text{ф}} = V_t \cdot X. \quad (3)$$

Здесь

$V_t$  - скорость впитывания, отвечающая моменту времени  $t$ , определяемая формулой

$$V_t = K_{\text{ф}} \cdot \left(1 + \frac{\theta}{\sqrt{t}}\right); \quad (4)$$

$K_{\text{ф}}$  - коэффициент фильтрации;

$\theta$  - параметр, определяемый зависимостью

$$\theta = 0,6 \sqrt{\frac{W_1 H_K - 1,4 h}{K_{\text{ф}}}}; \quad (5)$$

$W_1$  - полная влагоемкость грунта;

$H_K$  - высота капиллярного поднятия грунтовых вод, м;

$h$  - глубина наполнения канала, м.

Среднее значение скорости впитывания для интервала времени  $t$

$$V_t = \frac{1}{t} \int_0^t K_{\text{ф}} \left(1 + \frac{\theta}{\sqrt{\tau}}\right) d\tau = K_{\text{ф}} \left(1 + \frac{2\theta}{\sqrt{t}}\right). \quad (6)$$

При заданных поперечных элементах сечения канала его смоченный периметр ( $X$ ) явится функцией глубины наполнения. Для определения ее воспользуемся известной показательной зависимостью Б.А. Бахметьева, которая в нашей интер-



претации будет иметь вид

$$\left(\frac{Q_0}{Q}\right)^2 = \left(\frac{h_0}{h}\right)^\chi, \quad (7)$$

где

$Q$  - расход в канале при глубине  $h$ ;  
 $h_0$  - глубина канала при расходе  $Q_0$ ;  
 $\chi$  - гидравлический показатель русла.

Согласно принятой расчетной схеме, значение  $Q$  по длине канала определяется величиной фильтрационных потерь, которые, в свою очередь, связаны прямой линейной зависимостью с длиной канала, т.е.

$$Q = Q_0 \left(1 - \frac{L}{\Delta L}\right). \quad (8)$$

Решая последнее совместно с уравнением (7), имеем:

$$h = h_0 \sqrt[\chi]{\left(1 - \frac{L}{\Delta L}\right)^2}. \quad (9)$$

При  $\chi = \text{const}$  (что допустимо для трапецеидальных сечений канала) средняя глубина волны попуска на рассматриваемой длине  $\Delta L$

$$h_{\text{ср.}} = \frac{h_0}{\Delta L} \int_0^{\Delta L} \sqrt[\chi]{\left(1 - \frac{L}{\Delta L}\right)^2} dL. \quad (10)$$

Интегрирование последнего условия окончательно приводит к следующему:

$$h_{\text{ср.}} = \frac{h_0}{2/\chi + 1}. \quad (11)$$

Подставляя полученные зависимости в уравнение (2), получаем:

$$Q_0 = K_{\text{ф}} \left(1 + \frac{2\beta}{\sqrt{\chi}}\right) f(h_0, \chi). \quad (12)$$

Обычно при подобных расчетах известны элементы поперечного сечения канала и водно-физические свойства грунта основания. Задаваясь пусковым расходом канала в его голове, из уравнения (12) определяем время добегания воды на любое заданное расстояние:

$$t = \frac{2\beta}{\frac{Q_0}{K_{\text{ф}} f(h_0, \chi) \Delta h} - 1}. \quad (13)$$

Уравнение (13) позволяет также установить величину



минимального пускового расхода, т.е. расхода, который не обеспечит поступление воды в рабочую часть канала, а пойдет полностью на пополнение фильтрационных потерь. Математически это выразится так:

$$\left. \begin{array}{l} t \rightarrow \infty \\ \frac{Q_0}{K_B J_{cp} \Delta \ell} - 1 \rightarrow 0 \end{array} \right\} \quad (14)$$

Решение их приводит к следующему:

$$Q_0 = K_B J_{cp} \Delta \ell, \quad (15)$$

т.е. минимальное значение пускового расхода отвечает установившейся величине фильтрационных потерь.

Согласно принятой расчетной схеме средняя скорость в любом сечении волны попуска определяется уравнением Шези:

$$V = C \sqrt{Ri} = \frac{1}{n} R^{1/6} \sqrt{Ri}. \quad (16)$$

При качественном анализе функции (16) правомерно допущение

$$R \approx h. \quad (17)$$

Уклон водной поверхности определим, дифференцируя уравнение (17) с учетом условия (8):

$$\frac{dh}{d\ell} = i = \frac{2h}{\chi \Delta \ell \left(\frac{h_0}{h}\right)^{3/2}}. \quad (18)$$

Подставляя последние в формулу (17), после преобразований получаем:

$$V = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{2h_0^{3/2}}{\chi \cdot \Delta \ell}} \cdot h^{\frac{14-3\chi}{12}}. \quad (19)$$

Из выражения (18) следует, что максимальная скорость в сечении волны попуска определяется величиной гидравлического показателя русла. В частности, элементарный анализ указанной функции показывает:

$$\chi < 4,66; \quad h = h_0; \quad (20)$$

$$\chi = 4,66; \quad V_{max} = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{2h_0^{3/2}}{\chi \cdot \Delta \ell}}; \quad (21)$$

$$\chi > 4,66; \quad h \rightarrow 0 \quad (22)$$



Известно, что значение гидравлического показателя русла  $\chi > 4,66$  отвечает глубоким руслам ( $h_{cp}/B = 0,5 - 1,5$ ,  $m = 40 - 1,5$ ), которые чрезвычайно редко встречаются в практике эксплуатации оросительных каналов. Поэтому наиболее распространенным случаем явится условие (20), для которого выражение расчетного уклона будет иметь вид

$$i = \frac{2h}{\chi \cdot \Delta e} \quad (23)$$

а величина максимальной скорости течения выразится так:

$$V_{max} = \frac{1}{n} R_0^{1/6} \sqrt{\frac{2 R_0 h_0}{\chi \cdot \Delta e}} \quad (24)$$

Помимо определения численных значений максимальных скоростей, практический интерес представляет установление зоны существования размывающих скоростей. Так как величины последних являются нормативными, то согласно формуле (19) можно записать:

$$V_{гор} = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{2 h_0^{1/6}}{\chi \cdot \Delta e}} \cdot h^{\frac{14-3\chi}{12}} \quad (25)$$

Подставляя в него выражения для  $h$  из уравнения (9) и решая относительно  $e$ , которая явится зоной действия размывающих скоростей, окончательно получаем:

$$e = \Delta e \left[ 1 - \left( \frac{h \cdot V_{гор} \sqrt{\chi \cdot \Delta e}}{h_0^{1/6} \sqrt{2}} \right)^{\frac{\chi}{14-3\chi}} \right] \quad (26)$$

По предложенной методике был выполнен расчет элементов пускового периода Ульяновской ветки Карпинского магистрального канала ( $Q_0 = 35 \text{ м}^3/\text{с}$ ), который показал хорошую сходимость с данными натурных измерений.



Г.А. СТАНОВОВ  
мл. научн. сотр.

В.Г. ЛУНЕВ  
ст. научн. сотр.

(САНИИРИ им. В.Д. ЖУРИНА)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНОГО БАЛАНСА НА УЧАСТКЕ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

При изучении внутрипочвенного орошения (ВПО) одной из важнейших задач является изучение влияния этого способа орошения на формирование водного баланса. С этой целью в 1975 г. в совхозе № 10-а им. Ворошилова в Голодной степи на участке внутрипочвенного орошения площадью 56 га, занятом посевами хлопчатника, были проведены гидрогеологические исследования. Изучались литологическое строение зоны аэрации, водно-физические свойства и режим влажности почво-грунтов, режим грунтовых вод и дренажного стока.

Почвы участка сероземно-луговые, новоорошаемые, неза-соленные, ирригационно-гидроморфного ряда увлажнения. В пределах шестиметровой грунтовой толщи опытного участка наблюдается переслаивание суглинков, супесей и песков тонкозернистых. Преобладающими разностями являются суглинки средние (40%) и суглинки легкие (34%). Суглинки тяжелые, супеси тяжелые и пески тонкозернистые составляют соответственно 9, 10 и 7%. Объемный вес почво-грунтов участка на различной глубине колеблется в пределах 1,23 - 1,44 г/см<sup>3</sup>, удельный вес - 2,60-2,67 г/см<sup>3</sup>, пористость - 48,2-48,8%.

Высота капиллярного поднятия, определенная на ключевом участке ВПО в конце вегетационного периода при глубине УГВ 4,0 м, составила 3,2 м. Величина водоотдачи тонкозернистого пылеватого песка на глубине 1,2-1,6 м равнялась 0,13; величина недостатка насыщения для этого же горизонта - 0,1. Коэффициент фильтрации, определенный методом Н.С. Нестерова на глубине 0,5 м, составил 0,32 м/сут.



Наблюдения за влажностью почво-грунтов зоны аэрации производились в динамике: после посева, до и после каждого вегетационного периода, в конце вегетации. Пробы отбирались в пятикратной повторности с последующей обработкой данных статистическим методом. Точность определений при данной повторности составила 5%.

Резкое увеличение влажности почво-грунтов наблюдается после проведения через внутрипочвенную увлажнительную сеть вызывного полива завышенной (свыше 4,0 тыс. м<sup>3</sup>/га) нормой (рис. I). Высокая норма первого полива способствовала тому, что влажность почвы на участке ВПО была высокой в течение вегетации, и только в конце поля она начала снижаться в результате увеличения испарения и транспирации. Проведение второго и третьего поливов нормами 300-500 м<sup>3</sup>/га существенного влияния на увеличение влагозапасов зоны аэрации не оказали (рис. I).

Режим влажности почво-грунтов зоны аэрации тесно связан с режимом уровня грунтовых вод. За режимом грунтовых вод наблюдали по кустам пьезометров и по одиночным скважинам. В кустах фильтры скважин расположены на глубине 18-20; 10-12 и 6-8 метров. Здесь изучался вертикальный водообмен грунтовых вод с водами нижележащих горизонтов. Установлено, что существенного вертикального водообмена в течение вегетации не происходило, и поэтому в расчетах эта величина не учитывалась.

На рис. 2 показан сравнительный (1974-1975 гг.) режим уровня грунтовых вод на участке. В 1974 г. проведено 5 поливов нормами 500-800 м<sup>3</sup>/га, уровень грунтовых вод колебался на глубине 2,7-3,7 м. В начале вегетации 1975 г. уровень грунтовых вод залегал на глубине 4,0 м. В результате проведения вызывного полива большой нормой уровень поднялся на 2,5 м. В течение вегетации 1975 г. слабоминерализованные грунтовые воды постепенно расходовались на эвапотранспирацию, и к осени УГВ был на глубине 4 м.

Карты гидроизогипс, построенные на различные сроки вегетационного периода, показали, что уклон зеркала грунтовых вод составляет 0,0026-0,0028. Движение грунтового потока происходит в сторону коллектора, примыкающего к за-



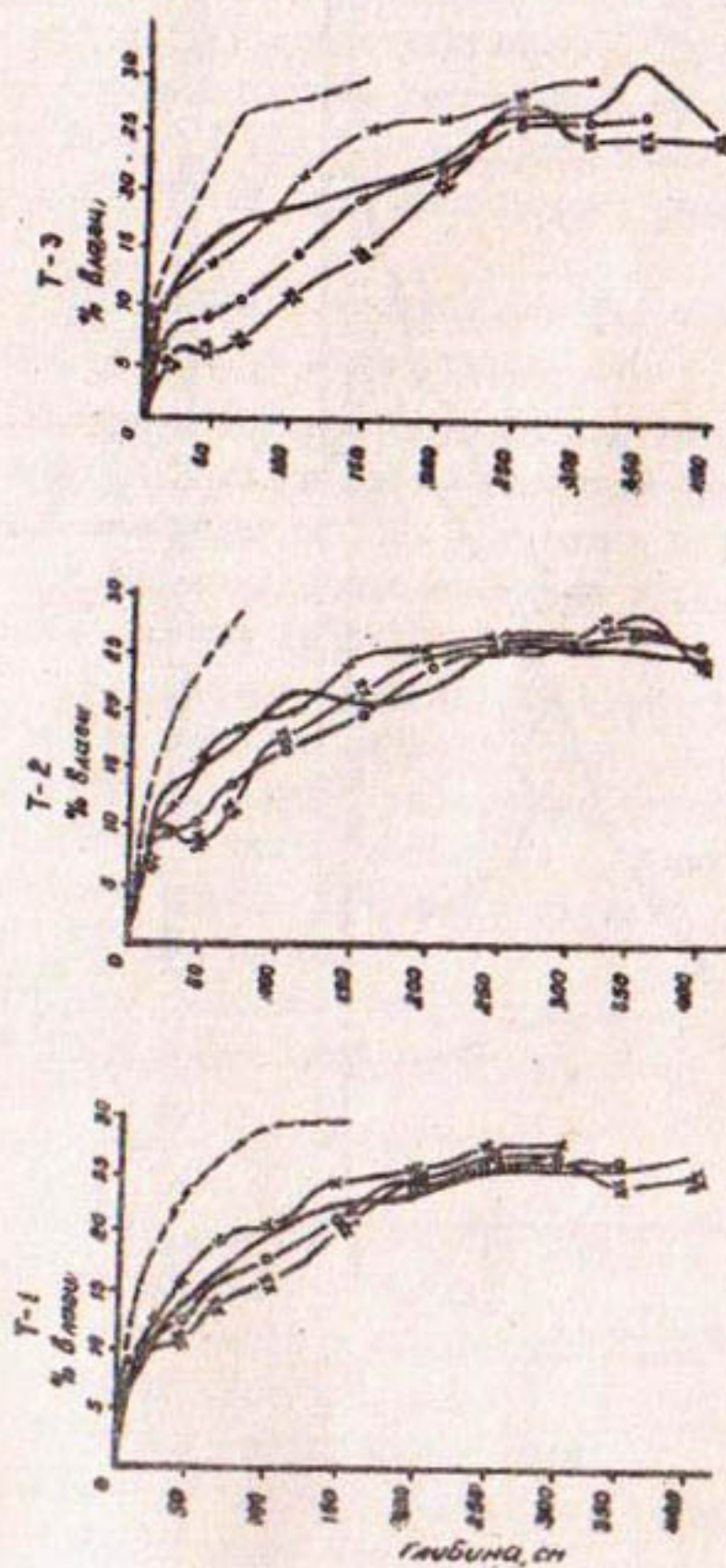


Рис. I Эпюры влажности почвы в динамике по точкам на участке ВПО.

Даты определения:

— 24.ІУ

- - - 4.УІ

—x— 17.УП

o—o 19.УІІ

xx—xx 10-12.ІХ



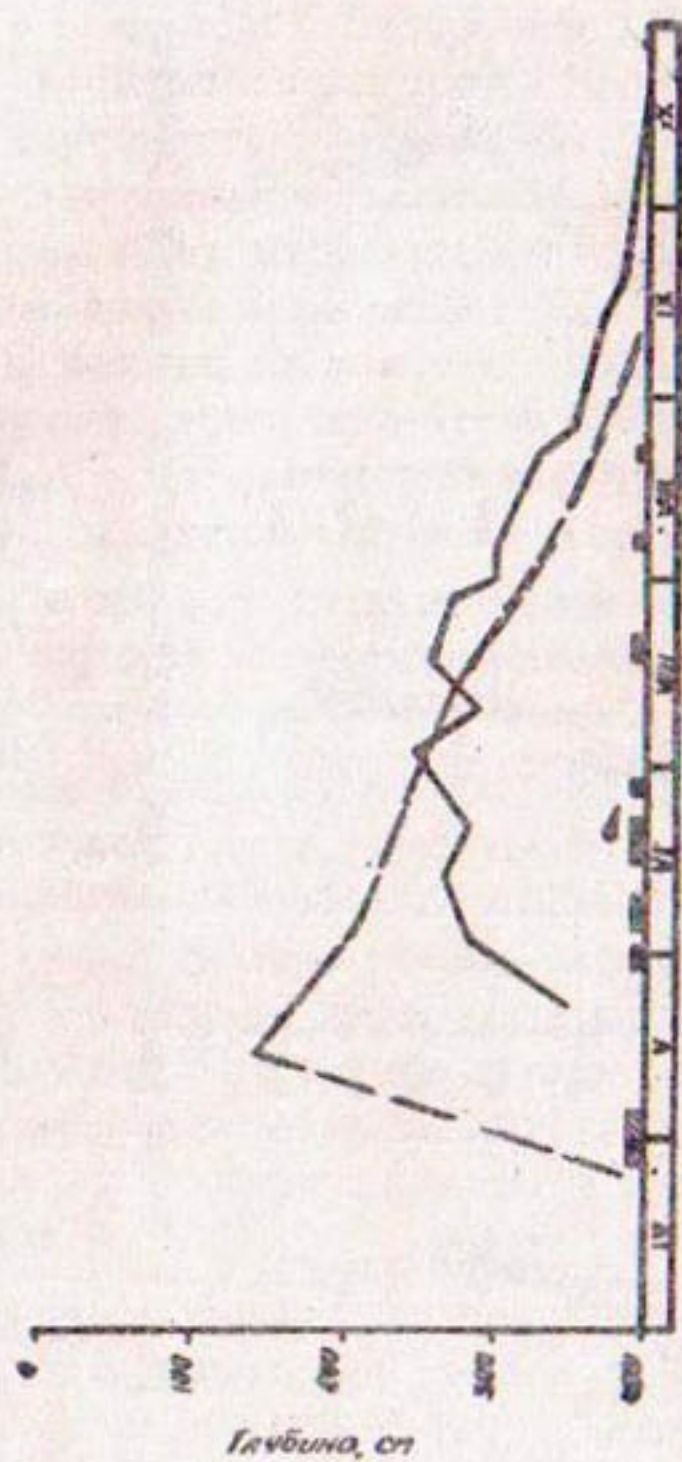


Рис. 2. Сравнительная динамика уровня грунтовых вод на участке:

— 1974 г.;  
 --- 1975 г.;  
 ■ поливы в 1974 г.;  
 ▨ поливы в 1975 г.



падной границе участка ВПО. Восточная граница участка совпадает с водоразделом грунтового потока. Приток со стороны северной и южной границ ключевого участка отсутствует (гидроизогипсы располагаются параллельно коллектору, линии тока подходят к коллектору перпендикулярно). Дренажный сток, измеренный по устьям закрытых горизонтальных дрен, составил за период наблюдений 156 м<sup>3</sup>/га. Почти такая же величина была получена и при расчете дренажного стока аналитическим методом.

Полученные данные позволяют перейти к оценке водного баланса, формирующегося под влиянием ВПО.

Все балансовые расчеты относятся к почвенно-грунтовой призме площадью 4,7 га (площадь ключевого участка) и высотой 5 м (зона колебания уровня грунтовых вод). Ключевой участок расположен в наиболее типичных условиях и оборудован комплексом средств наблюдений.

За расчетный период принимается срок с I4/У по IO/XI, т.е. с момента проведения первого полива до начала уборки урожая хлопка-сырца. Внутри расчетного периода выделяются балансовые периоды в соответствии со сроками поливов, определения влажности пород, данными о замерах уровня грунтовых вод и дренажного стока.

При изучении баланса влаги почвенно-грунтовой призмы 5-метрового балансового слоя использовалось уравнение:

$$B_{n+1} - B_n = П - (И + Д), \quad (I)$$

- где  $B_n$  — запасы влаги в балансовом слое в начале балансового периода;  
 $B_{n+1}$  — запас влаги в балансовом слое в конце балансового периода;  
 $П$  — приток оросительной воды;  
 $И$  — потери влаги на суммарное испарение из балансового слоя;  
 $Д$  — дренажный сток.

Следует отметить, что в уравнение (I) не входят величины атмосферных осадков, бокового притока и оттока, расхода влаги через балансовый слой вниз, притока воды в балансовый слой снизу и потерь оросительной воды на испарение по следующим причинам. Выпадения атмосферных осадков за



расчетный период не наблюдалось. Вследствие того, что участок простирается от водораздела грунтовых вод до коллектора, боковой приток в призму отсутствует, а отток соответствует дренажному стоку. Из анализа данных о колебаниях уровней в скважинах, вскрывающих грунтовые воды и воды на различных глубинах, сделать вывод об интенсивном водообмене в вертикальном направлении невозможно. Потерь оросительной воды на испарение до ее проникновения в грунт не наблюдается благодаря подаче воды в подпочвенные увлажнители, расположенные на глубине 0,4 м.

Запасы влаги в зоне аэрации вычислялись по поясному методу. Для этого зону аэрации разбивали на пояса, соответствующие литологическим разностям. В пределах каждого из поясов влага определялась по формуле:

$$Q_1 = h_1 V_1 F. \quad (2)$$

Здесь:

- $Q_1$  - количество воды в поясе, м<sup>3</sup>/га;
- $V_1$  - объемная влажность грунта в поясе, %;
- $h_1$  - высота пояса, см;
- $F$  - площадь, м<sup>2</sup>.

$$V = \rho \cdot W, \quad (3.)$$

- $\rho$  - объемный вес скелета грунта, г/см<sup>3</sup>;
- $W$  - весовая влажность, %.

Запас влаги в зоне аэрации  $Q$  подсчитывается по формуле:

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (4)$$

В зоне грунтовых вод -

$$Q_2 = n F h, \quad (5)$$

- где  $n$  - пористость грунта, в долях единицы;
- $h$  - мощность зоны грунтовых вод в пределах балансового слоя, м.

Запасы влаги в балансовом слое на определенный момент времени определяются как сумма  $Q_1 + Q_2$ . Расчеты проводи-



лись на следующие балансовые периоды: с 14 мая по 17 июня, с 17 июня по 17 июля, с 17 июля по 15 августа и с 15 августа по 10 сентября. Динамика запасов влаги в 5-метровом балансовом слое показана на рис.3.

В балансовом уравнении (1) неизвестный член  $-H$  (испарение) представляет большой практический интерес.

Для определения величины суммарного испарения из балансового слоя решаем уравнение (1) относительно неизвестного члена ( $H$ ).

$$H = \Pi - (B_{n+1} - B_n) - D. \quad (6)$$

Т а б л и ц а

Значения величин суммарного испарения  
на различные балансовые периоды

| Баланс-<br>период  | УГВ:<br>на<br>п-да<br>м | УГВ:<br>на<br>п-да<br>м | Сниже-<br>ние<br>УГВ<br>м | Водо-<br>пода-<br>ча<br>м <sup>3</sup> /га | $B_n$ ,<br>м <sup>3</sup> /га | $B_{n+1}$ ,<br>м <sup>3</sup> /га | Изме-<br>нение<br>запа-<br>сов,<br>м <sup>3</sup> /га | $D$ ,<br>м <sup>3</sup> /га | $\Pi$ ,<br>м <sup>3</sup> /га |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 14/VI-<br>17/VII   | 1,5                     | 2,15                    | 0,65                      | -                                          | 22190                         | 21342                             | -848                                                  | 43                          | 805                           |
| 17/VII-<br>17/VIII | 2,15                    | 2,65                    | 0,50                      | 140                                        | 21342                         | 19445                             | -1897                                                 | 46                          | 1991                          |
| 17/VIII-<br>15/IX  | 2,65                    | 3,50                    | 0,85                      | 250                                        | 19445                         | 17519                             | -1926                                                 | 36                          | 2140                          |
| 15/IX-<br>10/X     | 3,50                    | 4,00                    | 0,50                      | -                                          | 17519                         | 15952                             | -1567                                                 | 31                          | 1536                          |
| 14/VI-<br>10/X     | 1,50                    | 4,00                    | 2,5                       | 390                                        | 22190                         | 15952                             | -6238                                                 | 156                         | 6472                          |

Как видно из таблицы и рис.4, суммарное испарение резко увеличивается к середине июля и достигает наивысших величин в июле-августе; к концу периода вегетации испарение значительно уменьшается. Суммарное испарение из балансового слоя за расчетный период составило 6472 м<sup>3</sup>/га.



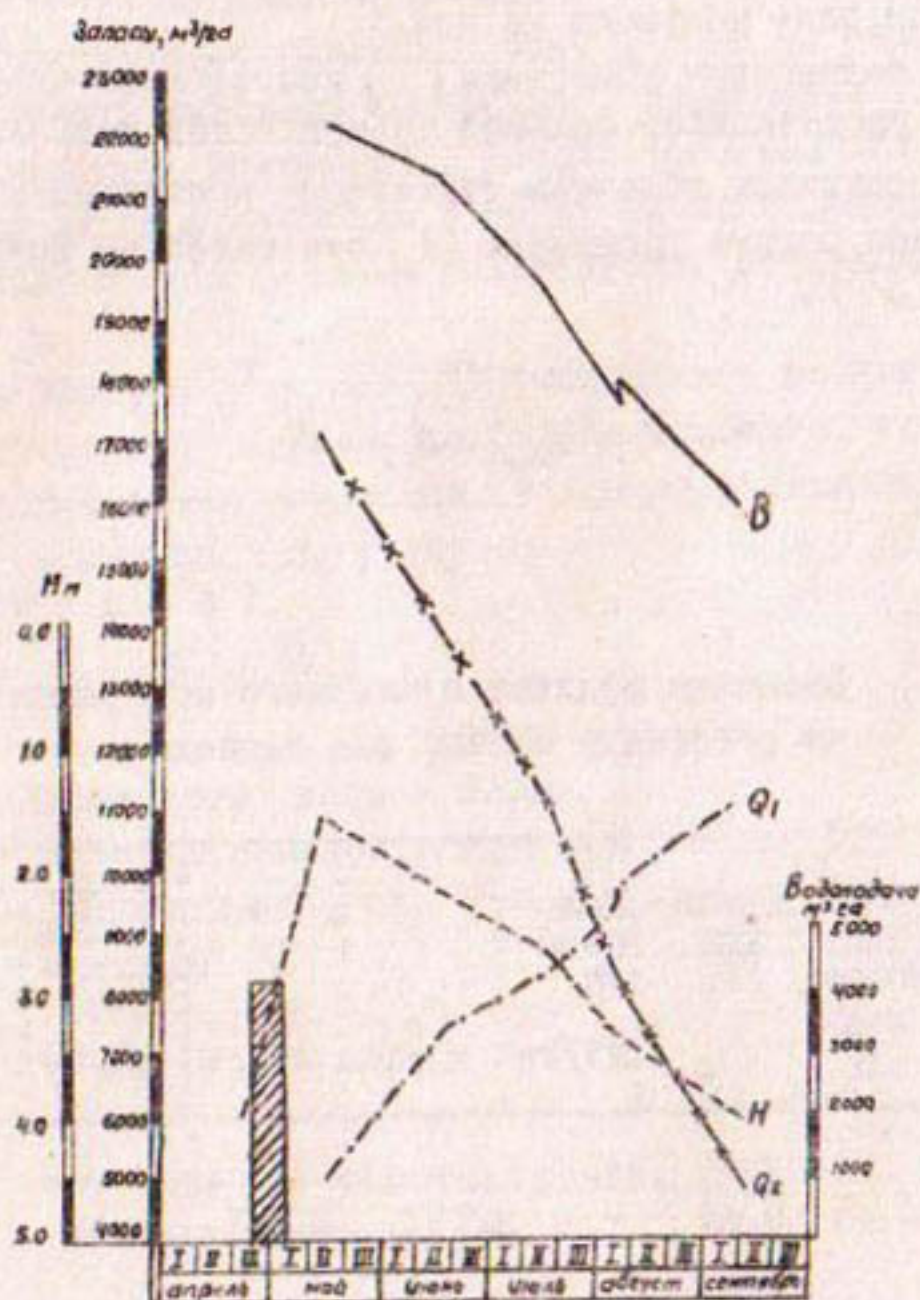


Рис. 3 Изменение запасов влаги:

- запас влаги в 5-метровом балансовом слое,  $\text{м}^3/\text{га}$ ,  $(B)$ ;
- .-.- запас влаги в зоне аэрации,  $\text{м}^3/\text{га}$ ,  $Q_1$ ;
- x-x- запас воды в зоне грунтовых вод,  $\text{м}^3/\text{га}$ ,  $Q_2$ ;
- - - график колебания уровня грунтовых вод, м (скв. № 24);
- ▨ — водоподача,  $\text{м}^3/\text{га}$ .







На начало расчетного периода в балансовом слое существовали запасы влаги, созданные первым вызванным поливом нормой 4230 м<sup>3</sup>/га и исходными запасами влаги в почве в момент начала первого полива. Величина сработки исходных запасов — около 2000 м<sup>3</sup>/га.

Величина суммарного испарения складывается из величин испарения из зоны аэрации и суммарного испарения грунтовых вод.

За расчетный период произошло снижение уровня грунтовых вод на 2,5 м — с 1,5 до 4,0 м, за счет дренажного стока и, в основном, суммарного испарения грунтовых вод. Испарение грунтовых вод ( $U_{гр}$ ) определяется как разность между величиной изменения запасов грунтовых вод в балансовом слое ( $\Delta Q_2$ ),

суммой величин дренажного стока ( $D$ ) и запаса влаги в зоне снижения уровня ( $Q_1'$ ):

$$U_{гр} = \Delta Q_2 - (Q_1' + D). \quad (7)$$

В формуле (7) не учитывается водоподача во время 2-го и 3-го поливов, поскольку за расчетный период поливные нормы составили всего 140 и 250 м<sup>3</sup>/га и не повлияли на изменение уровня грунтовых вод и влажность пород в зоне снижения УГВ.

За балансовый период с I4/У по I7/УI испарение грунтовых вод составило около 90% от величины суммарного испарения из балансового слоя; с I7/УI по I7/УII — 34% и с I7/УII по I0/IX — 29%.

#### Выводы

В условиях засушливой весны 1975 г. возникла необходимость проведения вызванного полива большой нормой (свыше 4 тыс. м<sup>3</sup>/га). Суммарное испарение из балансового слоя за период с I4/У по I0/IX составило 6472 м<sup>3</sup>/га, причем на долю суммарного испарения грунтовых вод за тот же период приходится 2494 м<sup>3</sup>/га.

За время вегетации на эвапотранспирацию израсходованы как запасы, созданные за счет орошения (4230 м<sup>3</sup>/га), так и запасы, существовавшие в балансовом слое на момент начала вегетационного периода (около 2000 м<sup>3</sup>/га).



М.П. САЛЬНИКОВ  
канд. техн. наук  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

## ПОГРЕШНОСТЬ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИМИ ПОСТАМИ КАНАЛОВ

Измерение расходов воды  $Q$  гидрометрическими постами (ГМП) каналов производится по значению высоты уровня воды  $H$  на основании градуировочной зависимости

$$Q = f(H). \quad (I)$$

В случае централизованного контроля расходов воды с диспетчерского пункта (ДП) телеизмеряют высоту уровня воды на ГМП и преобразуют ее в расход согласно зависимости (I) (вручную — по таблице, графику, формуле или при помощи специального преобразователя).

Важнейшей характеристикой любого измерения является точность его выполнения, которую характеризует погрешность — отклонение результата измерения от действительного значения измеряемой величины.

При централизованном контроле расходов воды ГМП отмечается последовательное преобразование исходной измеряемой величины — высоты уровня воды — в расход. Погрешность, возникающая при этом на любой промежуточной ступени преобразования, поступает на вход последующего звена, проходит, трансформируясь, через все последующие ступени, добавляется к возникающим там погрешностям и становится составляющей полной погрешности измерения расхода воды.

Поэтому с целью обеспечения заданной точности телеизмерения расхода воды и выбора соответствующей измерительной аппаратуры для построения телеметрической системы необходимо знать выражения, определяющие полную погрешность телеизмерения расхода воды ГМП каналов.

Точность телеизмерения расхода воды ГМП канала можно охарактеризовать средней квадратичной погрешностью измерения, применив для этого закон сложения случайных средних квадратов —



ческой погрешностей, возникающих в отдельных звеньях телеметрической системы.

Получены выражения для определения указанной погрешности по однократному телеизмерению высоты уровня (расхода) воды. Предельная погрешность при этом, рассматриваемая как удвоенная средняя квадратическая погрешность ряда измерений, принимается равной (при доверительной вероятности 95%) максимальной погрешности однократного измерения.

Составляющие погрешности телеизмерения расхода воды ГМП канала:

1) погрешность, допущенная при совместных измерениях расходов воды  $Q$  и соответствующих высот уровней  $H$ , производимых с целью градуировки ГМП и построения зависимости (I);

2) погрешность, допущенная при определении зависимости (I) на основании ограниченного числа совместных измерений величин  $Q$  и  $H$ ;

3) погрешность, вносимая системой телеизмерения высоты уровня воды на ГМП;

4) погрешность, вносимая преобразователем высоты уровня воды в расход.

Заметим, что измерение расхода воды с целью градуировки ГМП, выполняемое обычно вертущечным способом, является измерением косвенным и погрешность его значительно больше погрешности измерения высоты уровня воды, которое обычно выполняется прямым методом. Рассматривая высоту уровня воды как величину не случайную, отнесем ее погрешность как погрешность сопоставления к величине расхода воды. В этом случае выражение для определения средней квадратической абсолютной погрешности телеизмерения расхода воды ГМП будет иметь вид

$$\sigma = \pm \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2}, \quad (2)$$

где  $\sigma_1$  — средняя квадратическая абсолютная погрешность измерения расхода воды при градуировке ГМП;

$\sigma_2$  — среднее квадратическое абсолютное отклонение зависимости (I) от результатов измерения при градуировке ГМП;

$\sigma_3$  — средняя квадратическая абсолютная погрешность определения расхода воды по зависимости (I) как функции



высоты уровня, значение которого получено телеизмерением однократно при очередном измерении;

$\sigma_4$  — средняя квадратическая абсолютная погрешность преобразователя высоты уровня воды в расход.

Выражение для определения средней квадратической относительной погрешности измерения расхода воды

$$\delta = \frac{\sigma}{Q} \cdot 100\% = \pm \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2}, \quad (3)$$

где  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  — средние квадратические погрешности измерения, соответствующие  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  и  $\sigma_4$ .

Численные значения  $\sigma_1$  зависят от различных факторов, главные из которых — способ измерения расхода воды, условия измерения, применяемая аппаратура.<sup>х)</sup> Согласно [4] для обычно применяемого однократно для градуировки ГМП каналов вертушечного способа измерения расходов воды при двухточечном измерении скорости на вертикали в нормальных условиях при помощи стандартной аппаратуры предельная абсолютная погрешность составляет  $\pm 0,06 Q$ .

Поэтому средняя квадратическая абсолютная погрешность измерения расхода воды вертушечным способом при градуировке ГМП выразится так:

$$\sigma_1 = \pm \frac{1}{2} \cdot 0,06 Q = \pm 0,03 Q. \quad (4)$$

Значение  $\sigma_2$  определяют как среднее квадратическое отклонение зависимости (I) от измеренных значений ( $Q, H$ ) для градуировки ГМП, пользуясь при этом способом наименьших квадратов.

Средняя квадратическая абсолютная погрешность телеизмерения расхода воды как функции высоты уровня, значение которого получено однократным телеизмерением, будет равна:

$$\sigma_3 = \frac{dQ}{dH} \cdot \sigma_5 = \frac{dQ}{dH} \cdot \frac{1}{2} \cdot \delta_1 \cdot H_{max} \cdot 10^{-2}, \quad (5)$$

где  $\sigma_5$  — средняя квадратическая абсолютная погрешность телеизмерения высоты уровня воды;

$\delta_1$  — класс точности системы телеизмерения;

$H_{max}$  — верхний предел телеизмерения высоты уровня.

х) Далее решение дается только для  $\sigma$ , так как при необходимости соответствующую  $\delta$  можно определить по выражению (3).



Средняя квадратическая абсолютная погрешность преобразователя уровня воды в расход класса точности  $\delta_2$ , результат которого получают однократным отсчетом,

$$\sigma_4 = \frac{1}{2} \cdot \delta_2 \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-2}, \quad (6)$$

Здесь  $Q_{\max}$  — верхний предел измерения расхода шкалы преобразователя.

Таким образом, средняя квадратическая абсолютная погрешность телеизмерения расхода воды ГМП канала

$$\sigma = \pm \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \frac{10^{-4}}{4} \left[ \left( \frac{dQ}{dH} \cdot \delta_1 \cdot H_{\max} \right)^2 + \delta_2^2 \cdot Q_{\max}^2 \right]}. \quad (7)$$

Если ГМП оснащен датчиком высоты уровня воды, который связан с устройством преобразования высоты уровня в расход, а выходной сигнал последнего телеизмеряется с ДП, выражение (2) будет иметь следующий вид:

$$\sigma_I = \pm \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{dQ}{dH} \cdot \delta_3 \cdot H_{\max} \cdot 10^{-2} \right)^2 + \frac{10^{-4}}{4} \cdot Q_{\max}^2 (\delta_4^2 + \delta_5^2)}, \quad (8)$$

где  $\delta_3, \delta_4$  и  $\delta_5$  — классы точности датчика уровня воды, преобразователя уровня в расход и системы телеизмерения расхода воды, соответственно;

$H_{\max}$  — верхний предел измерения датчика уровня;

$Q_{\max}$  — то же, расхода преобразователя и системы телеизмерения.

В случае, если бы ГМП был оснащен устройством, которое высоту уровня воды преобразовало бы в расход (водомерное устройство для ГМП) и последний телеизмерялся с ДП, выражение (2) приняло бы вид

$$\sigma_{II} = \pm \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \frac{10^{-4}}{4} \cdot Q_{\max}^2 (\delta_6^2 + \delta_7^2)}, \quad (9)$$

где  $\delta_6$  и  $\delta_7$  — класс точности преобразователя водомера и системы телеизмерения;

$Q_{\max}$  — верхний предел измерений расхода воды преобразователя и системы телеизмерения.

### П р и м е р

Вычислить среднюю квадратическую относительную погрешность телеизмерения расхода воды ГМП канала, уравнение расхода кото-



рого получено путем обработки методом наименьших квадратов результатов совместных измерений  $Q$  и  $H$  при градуировке ГМП:

$$Q = -0,32 + 10,46H + 4,67H^2 + 1,37H^3 \quad (10)$$

где  $Q$  — м<sup>3</sup>/с;

$H$  — м;

$\sigma_Q = 1,3$  м<sup>3</sup>/с;

$H_{\max} = 3,00$  м.

Вычисления погрешностей произведены для трех указанных выше схем телеизмерения расхода воды согласно формулам (7), (8) и (9) при трех значениях высоты уровня воды и классе точности технических средств телеизмерительной системы расхода воды, равном 1,5. Результаты вычислений средних квадратических относительных погрешностей телеизмерения расхода воды сведены в таблицу.

Т а б л и ц а

| Номер<br>п/п | $H$ , м | $Q$ , м <sup>3</sup> /с | $\frac{\sigma_Q}{Q} \cdot 100\%$ | $\frac{\sigma_H}{H} \cdot 100\%$ | $\frac{\sigma_{\Pi}}{\Pi} \cdot 100\%$ |
|--------------|---------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| 1            | 1,50    | 30,5                    | 6,4                              | 6,9                              | 6,5                                    |
| 2            | 2,50    | 76,4                    | 4,0                              | 4,1                              | 3,7                                    |
| 3            | 3,00    | 110,1                   | 3,6                              | 3,8                              | 3,5                                    |

Итак, телеизмерение расходов воды ГМП каналов с допустимой погрешностью может быть осуществлено на базе промышленных технических средств телеконтроля уровня воды.



А.Н. СПЕСИВЦЕВ  
инженер, рук. группы

А.С. СТАРКОВСКИЙ  
инженер, зав. сектором

Ю.И. БОГУСЛАВСКИЙ  
инженер, рук. группы  
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

#### К ВОПРОСУ ПРЕДПРОЕКТНОЙ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Основные вопросы предпроектной разработки информационного обеспечения АСУ водохозяйственными объектами — определение информационных требований задач в содержательном и количественном аспектах и соответствующей им структуры информационных потоков.

В настоящее время указанные вопросы рассматриваются на основе работы, проведенной для АСУ бассейна р.Сырдарьи.

Информационные требования каждой элементарной задачи определяются в результате ее формализации. Выявление информационных требований комплекса задач сводится к минимизации состава входных показателей в рамках определенных требований, вытекающих из основных принципов организации интегрированной системы обработки данных (ИСОД).

Минимизацию состава входных показателей ИСОД можно осуществить с помощью модели информационной взаимосвязи задач. Для построения такой модели необходимо иметь следующие исходные данные: перечень задач ( $A_K$ ); перечень входов каждой задачи ( $a_n$ ); перечень выходов каждой задачи ( $C_m$ ); периодичность решения каждой задачи ( $T_K$ ); дифференциацию выходов  $C$  по структурным подразделениям ( $B_j$ ) организационной структуры управления.

В общем случае задачи можно подразделить на первичные, решаемые на базе первичных показателей, и производные от первых, входами которых являются результаты решения первичных задач. С этих позиций под  $A_K$  будем понимать совокупность всех задач, тогда как  $a_n$  — входы только первичных задач, выходы с которых одновременно могут быть входами задач второй группы.



Вооружившись этой концепцией и располагая вышеперечисленными необходимыми и достаточными исходными данными, можно построить модель формирования структуры внутренних информационных потоков.

Модель может быть построена как для АСУ в целом, так и в разрезе задач одной какой-либо функции или группы функций.

Предлагаемая модель выполняется в матричной форме (рис. I). Матрица состоит из четырех квадрантов и таблицы периодичности ( $T_K$ ) решения задач ( $A_K$ ).

| $T_K$ | ... | $T_1$ | ... | ... | $T_3$ | $T_2$ | $T_4$ |       |       |       |       |       |     |     |       |     |       |
|-------|-----|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-------|
| 0     | ... | 1     | ... | ... | 1     | 0     | 0     | $a_n$ | $b_j$ | 1     | 0     | 0     | ... | ... | 1     | ... | 0     |
| ...   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ... | ... | ...   | ... | ...   |
| 1     | ... | 0     | ... | ... | 0     | 1     | 1     | $a_1$ | $b_1$ | 0     | 1     | 0     | ... | ... | 1     | ... | 0     |
| ...   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ... | ... | ...   | ... | ...   |
| 1     | ... | 1     | ... | ... | 0     | 1     | 0     | $a_3$ | $b_3$ | 1     | 0     | 1     | ... | ... | 0     | ... | 1     |
| 1     | ... | 0     | ... | ... | 0     | 0     | 1     | $a_2$ | $b_2$ | 0     | 1     | 0     | ... | ... | 0     | ... | 0     |
| 0     | ... | 1     | ... | ... | 0     | 1     | 1     | $a_4$ | $b_4$ | 0     | 0     | 1     | ... | ... | 0     | ... | 0     |
| $A_K$ | ... | $A_1$ | ... | ... | $A_3$ | $A_2$ | $A_4$ | $A_n$ | $A_j$ | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | ... | ... | $A_4$ | ... | $A_K$ |
| 1     | ... | 0     | ... | ... | 1     | 0     | 0     | $c_1$ | 1     | 0     | 0     | ...   | ... | 0   | ...   | 0   | 0     |
| 1     | ... | 0     | ... | ... | 0     | 0     | 0     | $c_2$ | 0     | 1     | 0     | ...   | ... | 0   | ...   | 0   | 0     |
| 0     | ... | 1     | ... | ... | 0     | 1     | 0     | $c_3$ | 0     | 0     | 1     | ...   | ... | 0   | ...   | 0   | 0     |
| ...   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ... | ... | ...   | ... | ...   |
| 1     | ... | 0     | ... | ... | 1     | 0     | 0     | $c_4$ | 0     | 0     | 0     | ...   | ... | 1   | ...   | 0   | 0     |
| ...   | ... | ...   | ... | ... | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ... | ... | ...   | ... | ...   |
| 0     | ... | 0     | ... | ... | 1     | 0     | 0     | $c_m$ | 0     | 0     | 0     | ...   | ... | 0   | ...   | 1   | 0     |

Рис. I. Метрическая модель формирования структуры информационного обеспечения задач АСУВХБ.

Первый квадрант строится по принципу "показатель на задачу". Каждый столбец этого квадранта отражает номер задачи ( $A_K$ ), а каждая строка - исходный показатель ( $a_n$ ) - вход задачи. Таким образом, в совокупности столбцы первого квадранта фиксируют множество задач рассматриваемых функций, а его строки - множество входов для решения этих задач.

На пересечении столбца и строки ставится "единица", если рассматриваемый показатель является входом рассматриваемой задачи, и "нуль", если этот показатель не используется при решении данной задачи.



Следовательно, первый квадрант является матрицей информационной обеспеченности задач первой группы.

Под первым квадрантом располагается второй, причем, так, что их столбцы являются общими и отображают, соответственно, и во втором квадранте номера задач ( $A_k$ ). Строками этого квадранта являются результаты решения задач  $A_k$  — их выходы ( $C_m$ ). На пересечении строки и столбца проставляется "единица", если рассматриваемый "выход" какой-то задачи  $A_i$  является "входом" (т.е. исходным показателем) для решения рассматриваемой задачи, и "нуль" — в противном случае. Второй квадрант отражает взаимную увязку (соподчинение) всех задач  $A_k$  и строится по принципу "выход на вход".

Третий квадрант строится, в отличие от первых двух, по принципу "результат от задачи". Соответственно этому в его столбцах отражаются номера задач  $A_k$ . Строками третьего квадранта, как и второго, являются результаты решения задач  $A_k$  — выходы ( $C_m$ ). Однако на пересечениях столбца и строки, в отличие от второго квадранта, "единица" ставится, если рассматриваемый результат ( $C_j$ ) является выходом рассматриваемой задачи, а "нуль" — в другом случае. Таким образом, третий квадрант представляет собой матрицу "выходов" задач рассматриваемых функций АСУ.

Столбцы четвертого квадранта являются продолжением столбца третьего и отражают номера задач  $A_k$ . В строках четвертого квадранта дается перечень (номера) структурных подразделений ( $B_j$ ). На пересечениях строки и столбца "единица" проставляется в том случае, если результаты решения рассматриваемой задачи необходимы рассматриваемому подразделению, и "нуль" — если они ему не нужны. Четвертый квадрант, таким образом, построен по принципу "задача на адрес" и является матрицей интегрированного обеспечения информацией всех структурных подразделений АСУ.

Для выбора технических устройств решения задачи необходимы количественные характеристики внутренних информационных потоков, обуславливающих взаимосвязь задач. Имея сведения о максимальной значности каждого из исходных показателей ( $a_n$ ) и



выходов ( $c_m$ ) каждой из задач, а также о периодичности решения каждой задачи, мы можем дать количественную характеристику внутренних информационных потоков. Для этого достаточно в клетках матрицы проставлять вместо "единицы" соответствующие значения количества информации (например, в "байтах"), а в таблице, помещенной над первым квадрантом матрицы, отразить сведения о необходимой периодичности решения задач. Клетки этой таблицы совпадают со столбцами задач  $A_k$ , и поэтому каждая клетка соответствует определенной задаче (см. рис. 1).

Арифметические действия над этими числами в различных сочетаниях дают количественную оценку для выбора технических устройств обработки данных.

Изложенная методика синтеза структуры внутренних информационных потоков соответствует основному принципу разработки информационной структуры, а именно, принципу системного подхода, так как она рассчитана на рассмотрение всего комплекса задач рассматриваемых функций в их взаимосвязи.

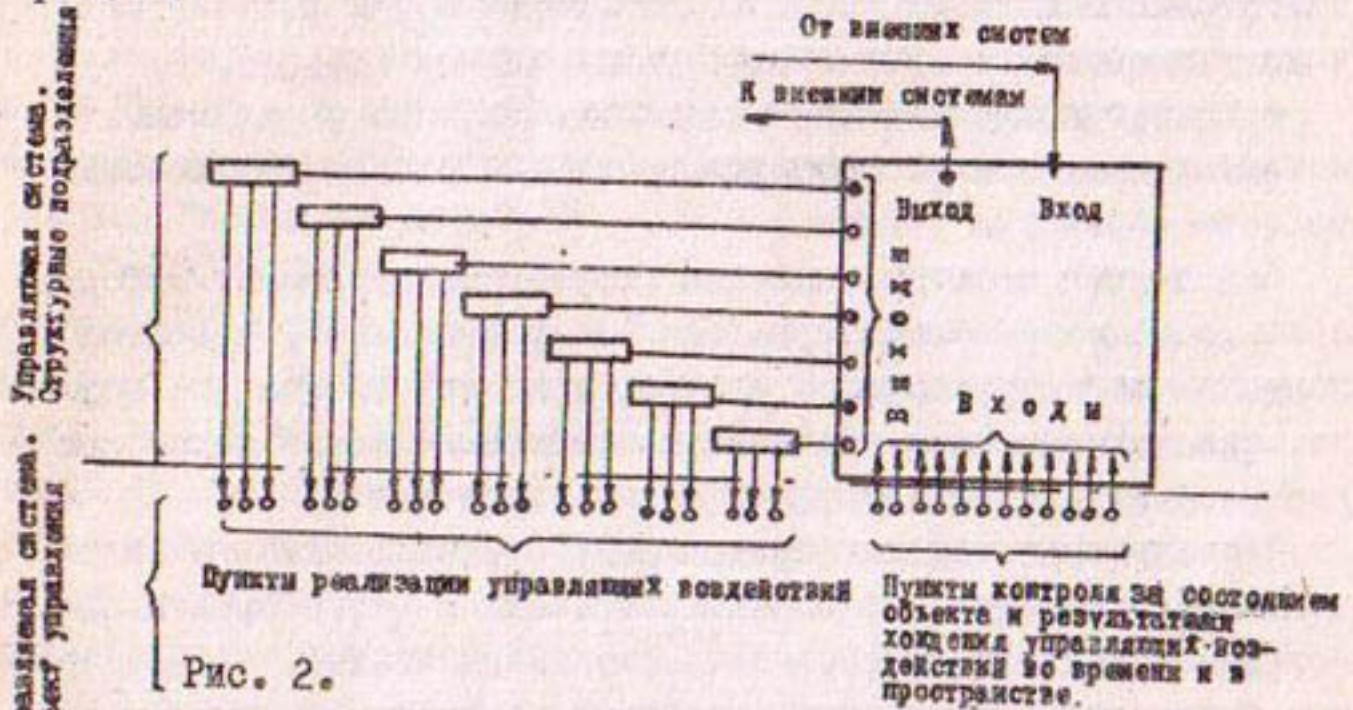
Предлагаемая модель формирования структуры информационных потоков отвечает и основным требованиям этого принципа. В самом деле, моделью предусматривается минимальный, но одновременно и достаточный перечень исходных показателей для решения рассматриваемого комплекса задач; одни и те же показатели используются для решения нескольких смежных задач; модель рассчитана на централизованный сбор первичной информации; требуемое количество вторичной, производной, информации образуется из минимального количества первичной, однократно передаваемой в единый центр обработки данных; модель дает полное представление о составе функциональных задач, решаемых каждым структурным подразделением; модель предусматривает централизованное хранение постоянной и условно-постоянной информации и рассчитана на использование централизованного нормативно-справочного фонда; по мере увеличения задач модель допускает их отражение с учетом возможности использования циркулирующих в информационной структуре исходных и вторичных показателей.

В описанной модели совокупность сведений, отображенных в квадрантах I-III, дает полное представление о логической взаимосвязи всего комплекса задач.



ИСОД должна быть положена в основу при формировании структуры информационных потоков системы управления объектом. Информационные потоки должны органически связать ИСОД с источниками и потребителями информации в единую замкнутую систему управления.

Такая структура информационных потоков иллюстрируется рис. 2.



Для предпроектного моделирования структуры информационных потоков, связывающих ИСОД с объектом управления и внешними системами, необходимы следующие данные:

- топология источников возникновения информации, формирующих входы ИСОД;
- перечень показателей, необходимых для определения объекта управления во времени и в пространстве, с дифференциацией их по источникам возникновения информации и по задачам;
- периодичность возникновения и передачи сведений из пунктов контроля;
- количественная оценка данных, передаваемых по каждому из пунктов контроля;
- топология пунктов реализации управляющих воздействий;
- дифференциация этих пунктов по реализуемым функциям (задачам) и подчиненности;
- топология структурных подразделений АСУ;
- информационные потребности каждого из них.



Перечисленные сведения рекомендуется свести в таблицу, заполнение которой позволяет получить модель структуры информационных потоков. Информационные потоки, используемые для решения задач в ИСОД, классифицируются при этом как "восходящие". "Нисходящие" потоки составляют результаты решения задач.

На стадии функциональной проработки системы колонка "Ю" этой модели не заполняется. Модель может включать дополнительно и другие сведения в зависимости от специфики объекта автоматизируемого управления и запросов проектировщиков информационного (в традиционном понимании этого термина) и технического обеспечения АСУ.

Для наглядности модель можно продублировать в форме графов. Однако для систем с большим числом рассредоточенных в пространстве и во времени объектов и процессов контроля и управления, к числу которых можно отнести, например, АСУ водным хозяйством крупного речного бассейна, графический способ моделирования структуры информационных потоков не достигает цели в силу большой плотности или большого формата изображения.

Совокупность конкретных сведений, полученных в результате моделирования информационной взаимосвязи задач (см. рис. I) и структуры внешних по отношению к ИСОД информационных потоков системы (см. рис. I и таблицу) является необходимым исходным материалом для проектирования информационного и технического обеспечения АСУ.







Л.М. ЯРОШЕЦКИЙ  
инженер, зав.лабораторией

В.А. БУГАЕВ  
инженер

(САНИИРИ им.В.Д.Журица)

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОКАНАЛА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Современные мелиоративные системы характеризуются наличием рассредоточенных на больших площадях (десятки тысяч гектар) объектов (100-200 шт). Часть таких объектов должна быть управляемой (скважины вертикального дренажа, насосные станции на дренах и коллекторах), а часть должна передавать информацию о мелиоративном состоянии дренируемой территории.

В отличие от оросительных систем, на которых объекты расположены линейно (к ним сравнительно легко подводятся проводные линии связи телемеханики, прокладываемые вдоль каналов), объекты на мелиоративных системах расположены, как правило, рассредоточенно, на всей орошаемой территории.

Воздушные линии связи для телемеханизации мелиоративных систем мешают обработке полей наземными механизмами и сельхозмашинной. Надежность таких линий низкая, и наработка на отказ не превышает 5000 часов /1/.

Кабельные линии имеют значительно большую надежность, но оборудование их сдерживается дефицитностью кабеля связи, а также сложностью его прокладки и эксплуатации на орошаемой территории.

В связи с созданием автоматизированных систем управления и необходимостью перехода на централизованное управление мелиоративными системами, являющимися подсистемами в водохозяйственных комплексах, нами исследовалась возможность применения, для передачи информации, радиоканала.

Радиоканал может быть образован на частотах 33-46 МГц с помощью серийных УКВ радиостанций "Гранит".



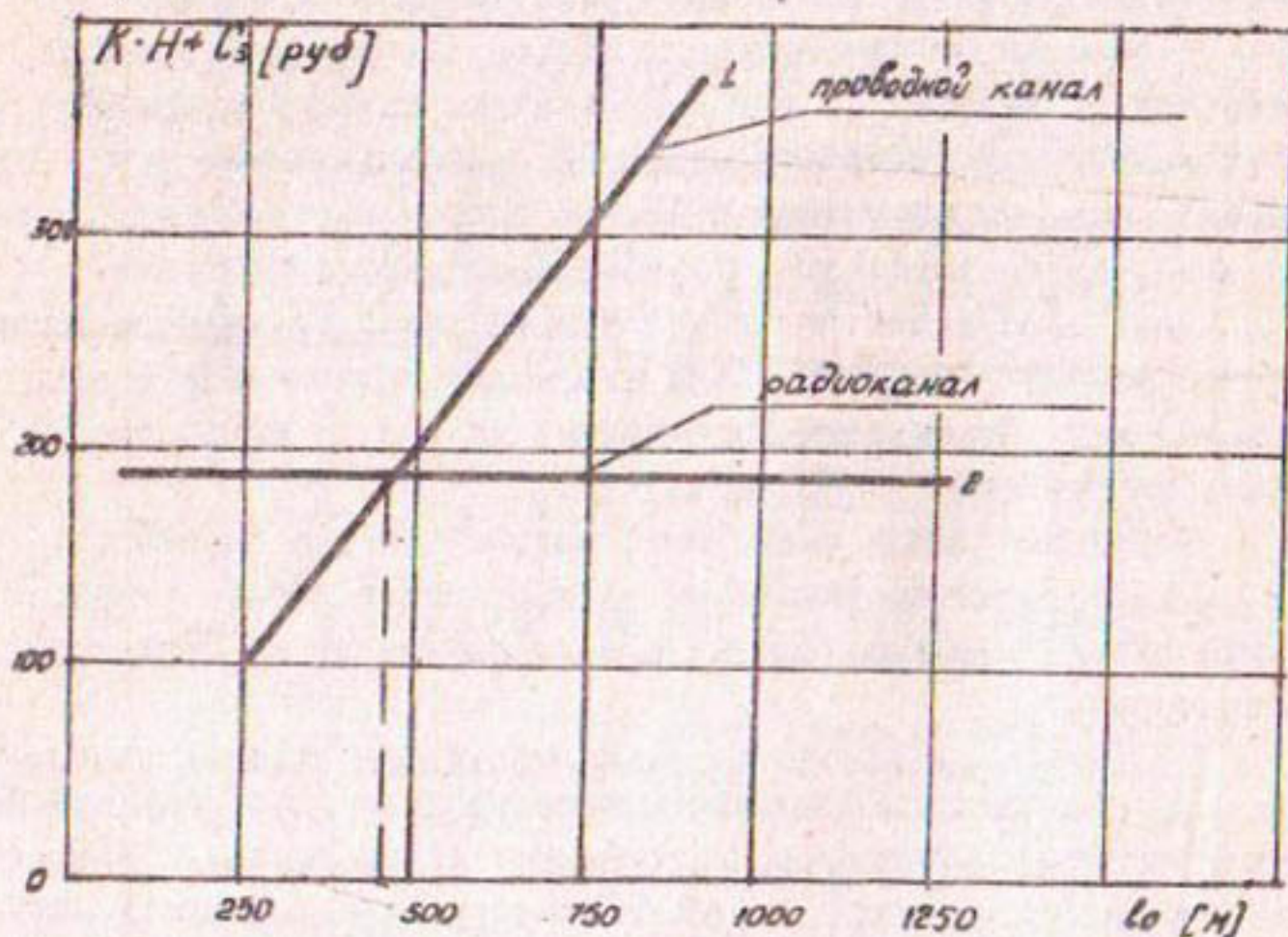
дальность действия которых составляет 25-30 км. Как правило, радиусы мелиоративных систем не превышают эти величины.

Исследования, проведенные в Ташлакском районе Ферганской области, показали, что установленная здесь в 1974 г. система радиотелемеханики, разработанная в САНИИРИ [2], обеспечивает надежную связь между пунктом управления в с.Ташлак и наиболее удаленной скважиной № 40.

Применение в системе радиотелемеханики двухчастотного помехозащищенного кода обеспечило исключение ложных выбора объектов и исполнения команд управления.

При средней длине проводной линии 1,2 км на I контролируемый пункт (КП) капитальные затраты на проводной и радиоканал, составляют, соответственно, 1800 и 700 руб., а эксплуатационные - 240 и 105 руб.

Анализируя приведенные затраты ( $K_{\Sigma}H + C_{\Sigma}$ ), мы установили, что при расстоянии между объектами  $l_0$  до 500 м целесообразнее применение проводного канала, а при 500 м и более - радиоканала (рисунок).



Графики зависимости приведенных затрат на каналы связи от рассредоточенности объектов



Поскольку в мелиоративных системах объекты рассредоточены на расстоянии одного и более километров, то применение радионавигации является перспективным. Целесообразно использование его в системах радиотелемеханики или телемеханики, в дополнение к проводному.

Такая система телемеханики типа УТМ-1 разрабатывается в настоящее время ПКТБ и "Узводприборавтоматика" Минводхоза УССР.

### Л и т е р а т у р

1. О н о м о в В.С. Эксплуатация нефтепромысловых телемеханических систем, М., Изд-во "Недра", 1971.
2. П р о ш о ц к и й Л.М., А н о х и н Г.П. Система радиотелемеханики для управления скважинами вертикального дренажа. "Механизация хлопководства" № 12, 1975.



А.А. АЗИМОВ  
рук. группы  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

## СТРУЙНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ МАЛЫХ РАСХОДОВ ЖИДКОСТИ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ

Развитие систем централизованного контроля требует создания датчиков с выходным сигналом, удобным для ввода в цифровые вычислительные устройства. В гидрометрии перспективно применение струнных преобразователей /1/, обладающих высокой чувствительностью, частотной выходной сигнал которых обеспечивает высокую помехоустойчивость, в частности, систем контроля малых расходов, простоту получения по сигналам объекта, возможность коммутации сигналов простыми средствами без существенного искажения информации, максимальную унификацию и ряд других положительных свойств.

Характерной особенностью всех струнных преобразователей является зависимость частоты собственных колебаний струны  $f$  от изменения ее длины  $l_{стр.}$  или напряжения  $\sigma$ , вызванного натяжением струны  $P_{стр.}$ :

$$f = \frac{n}{2l_{стр.}} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho_{стр.}}} = \frac{n}{2l_{стр.}} \sqrt{\frac{P_{стр.}}{\rho_{стр.} \cdot F_{стр.}}} \quad (I)$$

где  $\sigma = \frac{P_{стр.}}{F_{стр.}}$ ;  $n$  - номер гармоник (обычно равный 1);  
 $F_{стр.}$  - сечение струны;  $\rho_{стр.}$  - плотность материала струны.

В соответствии с (I) при постоянных  $l_{стр.}$  и  $\rho_{стр.}$  частота колебаний струны зависит только от напряжения струны. По изменению частоты колебаний струны можно судить о величине действующей на нее силы  $P$ , функционально связанной с величиной контролируемого расхода.

На рис. 1 приведена принципиальная схема струйного преобразователя расхода. Чувствительным элементом служит мембранная камера 10, мембрана 9 которой связана с подпружиненной пружиной 4 пластинкой 2, насаженной на ось 3. Отверстие II камеры 10 установлено с зазором против формирующего сопла 1. Рычаг пластинки 2 соединен со струной 6, расположенной в меж-



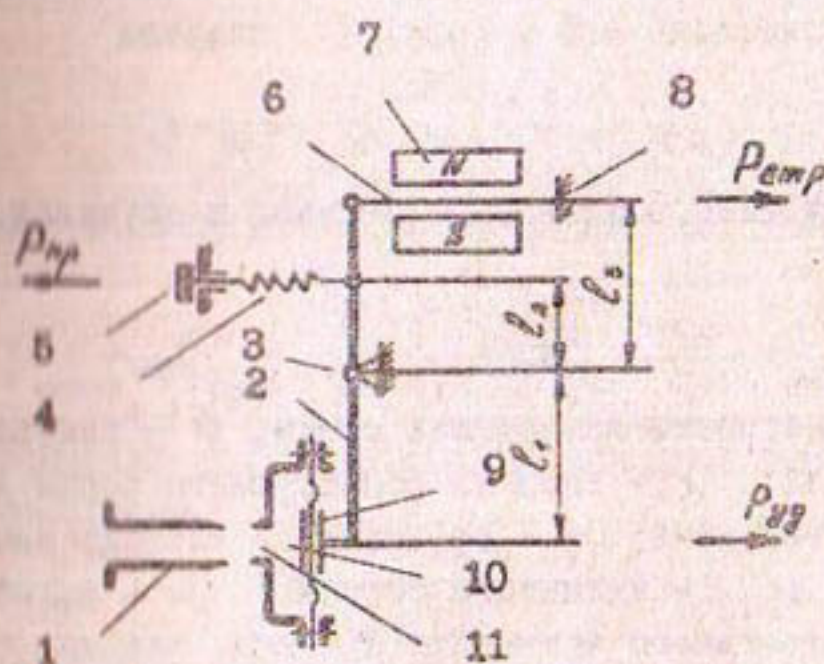


Рис. 1.

постоянном вазоре постоянного магнита 7: один конец струны 6 намотан на катушку со стойкой 8 и имеет электрический контакт с катушкой, а второй изолирован и гибким проводом выведен из катушки через уплотнительный штуцер. Струна включается в колебательный контур генератора. Благодаря предварительному натяжению пружины 4, осуществляемому вращением винта 5, струна 6 получает начальное натяжение, что определяет частоту ее собственных колебаний.

Работа преобразователя сводится к следующему. При направлении струны измеряемой среды пластина 2 под действием ударного давления, развиваемого в камере 10, поворачивается против часовой стрелки, увеличивая натяжение струны 6. Разная степень натяжения струны вызывает изменение частоты ее колебаний, которое фиксируется с помощью известных электронных схем. В зависимости от расположения формирующего сопла относительно пластины струна может работать либо на увеличение натяжения, либо на уменьшение. Для стабильности работы струны предпочтительнее первый режим, поэтому для него проводятся струны, а оконча-



тельные формулы даны для двух случаев.

Из условия равновесия, приняв во внимание сумму моментов всех сил относительно оси 3 (рис. I), получим

$$P_{уд} \cdot \ell_1 = P_{стр.} \cdot \ell_3 - P_{пр.} \cdot \ell_2 \quad (2)$$

$P_{стр.}$  и  $P_{пр.}$  — усилия, развиваемые струной и пружиной. Здесь

$$P_{пр.} = C_{пр.} \cdot \Delta X; \quad P_{уд} = \rho \cdot \frac{Q^2}{F_c} \cdot \frac{F_M}{F_c}; \quad P_{стр.} = C_{стр.} \cdot \Delta \ell_{стр.} \quad (3)$$

где  $\rho$  — плотность измеряемой среды;  $Q$  — измеряемый расход;  $F_c$  — площадь формирующего сопла и приемного отверстия;  $F_M$  — эффективная площадь мембраны;  $\Delta \ell_{стр.}$  — удлинение струны;  $\Delta X$  — величина предварительного натяжения пружины, равная  $\frac{\Delta \ell_0 \cdot \ell_2}{\ell_3}$  (здесь  $\Delta \ell_0$  — величина предварительного натяжения струны);  $C_{стр.}$  и  $C_{пр.}$  — жесткости струны и пружины, соответственно.

Усилие в струне из совместного решения уравнений (2) и (3) определяется как

$$P_{стр.} = \rho \cdot \frac{Q^2}{F_c} \cdot \frac{F_M}{F_c} \cdot \frac{\ell_1}{\ell_3} + C_{пр.} \cdot \Delta \ell_0 \left( \frac{\ell_2}{\ell_3} \right)^2 \quad (4)$$

При  $Q = 0$  усилие в струне равно предварительному натяжению:

$$P_{стр.} = P_0 = C_{стр.} \cdot \Delta \ell_0 \left( \frac{\ell_2}{\ell_3} \right)^2 \quad (5)$$

Обозначив  $K_2 = \frac{F_M}{F_c}$  и  $K_3 = \frac{\ell_1}{\ell_3}$  и учтя выражение (5), запишем

$$P_{стр.} = K_2 \cdot K_3 \cdot \rho \cdot \frac{Q^2}{F_c} + P_0 \quad (6)$$

Учитывая полученное выражение (6), зависимость (I) можно представить в виде:

$$f^2 = f_0^2 + \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot \rho \cdot Q^2}{4 \ell_{стр.}^2 \cdot F_c \cdot P_{стр.} \cdot F_{стр.}}, \quad (7)$$

где  $f_0$  — частота струны при предварительном натяжении  $P_0$ .

В случае работы струны на уменьшение ее натяжения выражение (7) примет вид:

$$f^2 = f_0^2 - \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot \rho \cdot Q^2}{4 \ell_{стр.}^2 \cdot F_c \cdot P_{стр.} \cdot F_{стр.}} \quad (8)$$



Дифференцируя (7) по  $Q$ , получаем следующее выражение для определения чувствительности преобразователя:

$$\frac{dQ}{dQ} = \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot \rho \cdot E_{\text{стр}} \cdot Q}{4E_{\text{стр}}^3 \cdot F_0 \cdot \rho_{\text{стр}} \cdot C_{\text{стр}} \sqrt{f_0^2 + \frac{K_2 \cdot K_3 \cdot \rho \cdot Q^2}{4E_{\text{стр}}^3 \cdot F_0 \cdot \rho_{\text{стр}} \cdot C_{\text{стр}}}}}, \quad (9)$$

где  $E_{\text{стр}}$  — модуль упругости материала струны.

Если принять, что

$$K_1 = \frac{\rho \cdot E_{\text{стр}}}{4E_{\text{стр}}^3 \cdot F_0 \cdot \rho_{\text{стр}} \cdot C_{\text{стр}}},$$

то окончательно чувствительность преобразователя может быть определена по формуле:

$$S = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot Q}{\sqrt{f_0^2 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot Q^2}}. \quad (10)$$

Таким образом, из выражения (10) следует, что чувствительность датчика зависит от величины измеряемого расхода.

Максимальное использование резерва точности измерения разработанным преобразователем достигается при выполнении условия, когда частота собственных колебаний подвижной системы устройства превышает частоту колебаний возмущающих воздействий. Удовлетворение этого требования обеспечивается повышением частоты собственных колебаний подвижной системы за счет уменьшения ее массы и увеличения жесткости струны.

На рис. 2 представлены зависимости частоты колебаний струны, изменяющейся в диапазоне от 2 до 4 кГц и чувствительности макетного образца преобразователя от расхода  $Q$  для следующих условий:  $F_0 = 7,1 \times 10^{-6} \text{ м}^2$ ;  $F_m = 76 \times 10^{-4} \text{ м}^2$ ;

$$K_1 = 56 \times 10^{12} \text{ м}^{-6}; \quad K_2 = 1,07 \times 10^3; \quad K_3 = 4,146; \quad \rho = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$E_{\text{стр}} = 2 \times 10^{11} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}; \quad l_{\text{стр}} = 2 \times 10^{-2} \text{ м}; \quad \rho_{\text{стр}} = 7,8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

$$C_{\text{стр}} = 2 \times 10^6 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}.$$

Измерительный преобразователь малых расходов может найти применение при автоматизации научного эксперимента, а также для автоматической регламентации расхода жидких и газообразных сред различных технологических процессов в малотоннажных производствах ряда промышленных отраслей народного хозяйства.



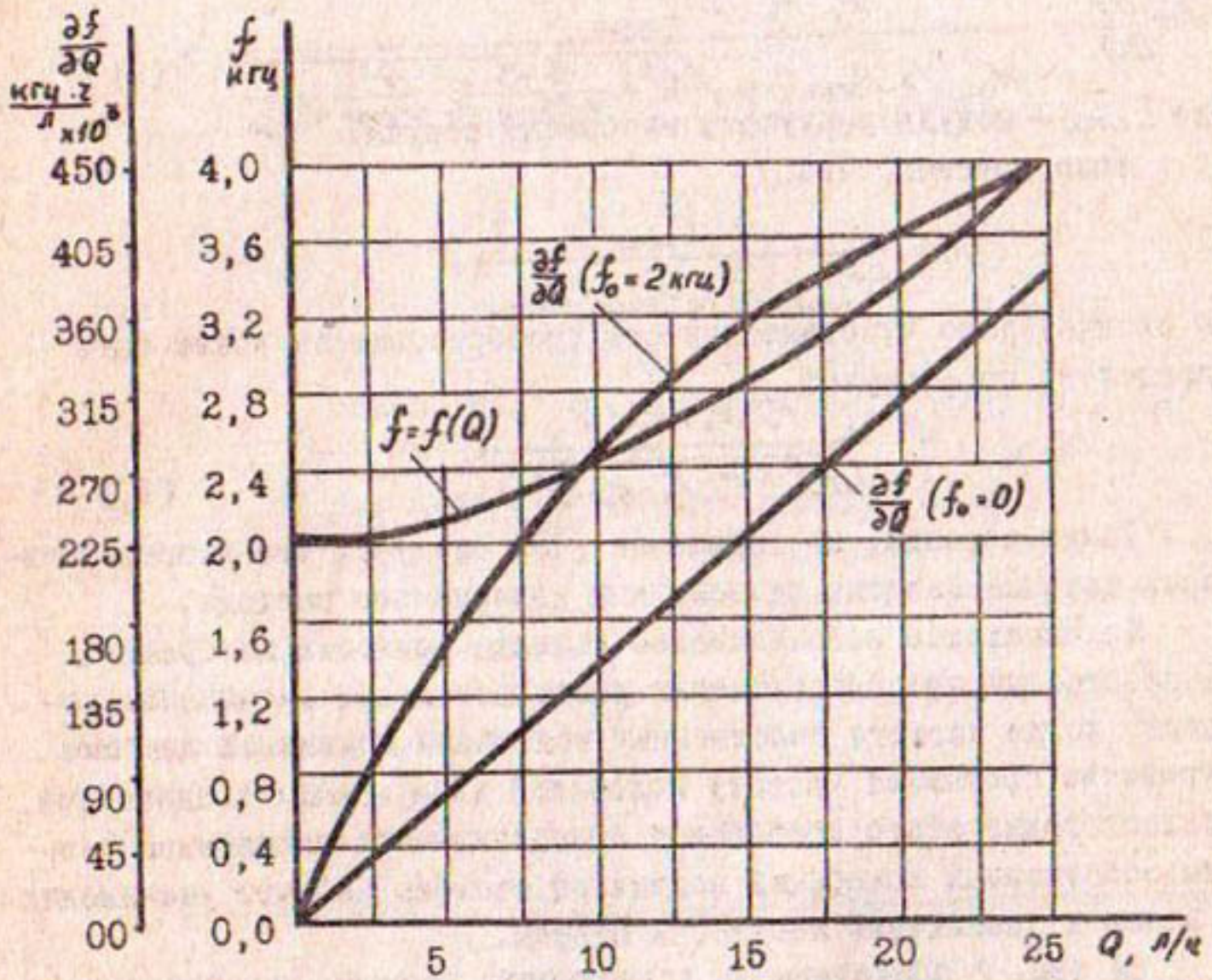


Рис. 2.

## Л и т е р а т у р а

Г. Н о в и ц к и й П.В. и др. Цифровые приборы с частотными датчиками. Л., "Энергия", 1970.



Ю.И. БОБРОВ, Е.Я. СОТНИК, Е.Б. КОГАН  
и н ж е н е р ы  
(САНИИРИ им. В.Д. ЖУРИНА)

## ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОДОРЕГУЛИРОВАНИЯ С ПЕРЕТЕКАЮЩИМИ ОБЪЕМАМИ НА АМУБУХАРСКОМ МАШИННОМ КАНАЛЕ

В разрабатываемой автоматизированной системе управления водохозяйственным комплексом р. Зарафшан (АСУ "Зарафшан") основной задачей Амубухарского машинного канала (АБМК) является строгое соблюдение графика водоподачи на шести водовыделах.

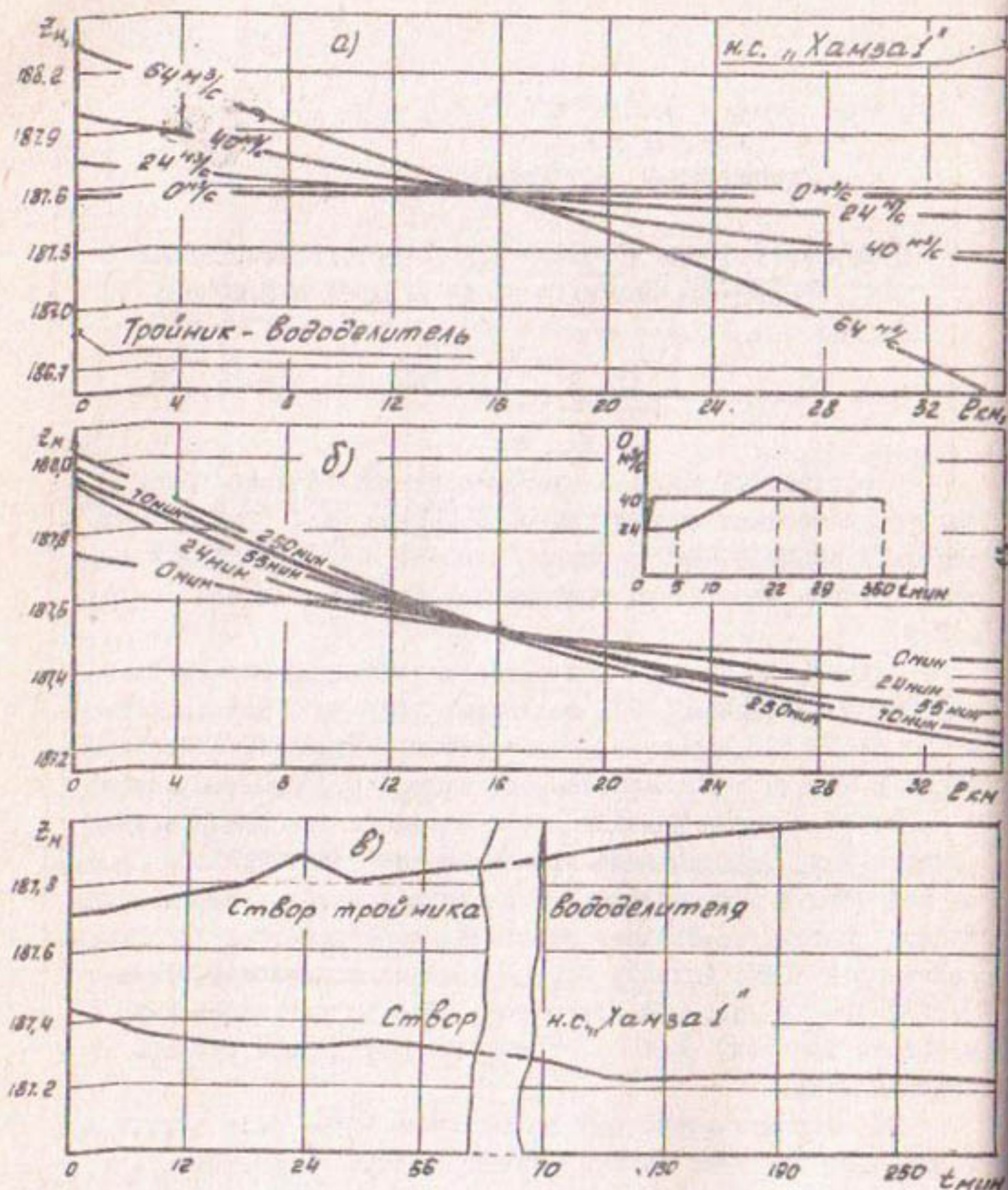
Заданный расход на водовыделах должен обеспечиваться насосными станциями (НС), подающими воду либо непосредственно в каналы (НС Каракуль), либо через гидротехнические сооружения в каналы и р. Зарафшан (НС Куюмазар и Кзылтепинская).

Система регулирования этого сложного комплекса должна обеспечивать безаварийное протекание технологического процесса водоподачи с минимумом потерь воды и затрат энергии. При выборе системы необходимо учитывать пространственную распределенность АБМК, наличие ограничений по водозабору, количеству пусков насосных агрегатов, объемам регулирования, мощности питающей сети, дискретную шкалу подачи насосных станций и др.

Из наиболее известных в настоящее время схем регулирования — по верхнему бьефу, нижнему бьефу, смешанного типа, с перетекающими объемами /1/ — в условиях АБМК, по нашему мнению, может быть применена схема регулирования с перетекающими объемами, обеспечивающая большую оперативность и требующая относительно небольших объемов регулирования.

Исследования по применению этой схемы проводились на типовом участке АБМК между тройником-вододелителем и НС "Хамма-1". На рис. 1а приведены профили свободной поверхности установившегося движения воды для подач НС  $Q = 0, 24, 40, 64$  м<sup>3</sup>/с при постоянном объеме воды в канале  $W_k$ , полученные на ЭЦВМ БЭСМ-4М по программе расчета неустано-





Регулирование по схеме с перетекающими объемами на машинном канале:

- а - профили свободной поверхности;
- б - мгновенные профили свободной поверхности потока в канале в процессе регулирования;
- в - переходный процесс в начальном и конечном створах канала.



вишегося движения воды /2/. Из рисунка видно, что все эти линии пересекаются в одной (средней) точке, которая в данном случае находится на расстоянии 16 км от начала бьефа. В общем случае расположение "средней" точки определяется геометрией канала и длиной бьефа.

На этом же рисунке можно пояснить сущность регулирования по схеме с перетекающими объемами, сводящуюся к поддержанию в канале определенного объема воды путем сохранения некоторого соотношения объемов  $W_1$  и  $W_2$ , заключенных соответственно в начальной и конечной частях бьефа между горизонтальной линией при нулевом расходе и линией свободной поверхности установившегося режима.

В зависимости от выбора контролируемых и регулируемых параметров схема с перетекающими объемами может осуществляться различными способами, в частности:

1. Следящая система регулирования - поддерживает соотношение между отклонениями уровня в конце  $\Delta h_K$  и начале  $\Delta h_H$  канала

$$\Delta h_H = K \Delta h_K, \quad (1)$$

где  $K$  - коэффициент связи /1/.

2. Система стабилизации - на поддержание постоянного уровня в "средней" точке /3/.

Эти способы можно отнести к регулированию по косвенным параметрам.

В условиях разрабатываемой АСУ "Зарафшан" предполагается применение вычислительного комплекса на диспетчерском пункте АБК, что позволяет разработать способ регулирования, основанный на непосредственном измерении и поддержании объема воды в канале.

Принципиально регулирование можно осуществить в следующей последовательности. Вычисляется величина отклонения объема  $\Delta W_K$ , образовавшегося в канале за промежуток времени  $\Delta t$ , тогда усредненное за этот промежуток времени расогласование по расходу  $\Delta Q_{ср}$  между сооружениями определится по формуле

$$\Delta Q_{ср} = \frac{\Delta W_K}{\Delta t}. \quad (2)$$



При очередном регулировании будет необходимо изменить расход через вышележащее сооружение до величины -

$$Q_H = Q_c + \Delta Q_{\text{ср.}} + Q_{\text{ком.}} \quad (3)$$

Здесь:

$Q_c$  - значение расхода до регулирования, составляющая  $Q_{\text{ком.}}$  представляет из себя расход через вышележащее сооружение для компенсации отклонения объема  $\Delta W_{\text{дол.}}$ , возникшего в канале за время, когда система регулирования находилась в зоне нечувствительности по объему и за время сработки регулятора после поступления команды.

Величина  $Q_{\text{ком.}}$  и время работы  $t_{\text{ком.}}$  сооружения с этим расходом выбираются с учетом характеристик регулирующего сооружения (ГТС или НС) и должны удовлетворять соотношению:

$$\Delta W_{\text{дол.}} = \int_0^{t_{\text{ком.}}} Q_{\text{ком.}} \cdot dt \quad (4)$$

$t_{\text{ком.}}$  - время восстановления величины объема воды в канале.

На ЭЦВМ по программе расчета неустановившегося движения воды для указанного участка был проведен численный эксперимент регулирования по схеме с перетекающими объемами.

При исходном установившемся режиме с  $Q = 24 \text{ м}^3/\text{с}$ , на НС "Хамза-1" увеличена подача. Величина  $\Delta W_{\text{н.}} = 5000 \text{ м}^3$  (соответствует 0,1 объема регулирования) оказалась сработанной за 5 мин. Рассогласование по расходу по (2) составило 16  $\text{м}^3/\text{с}$  и регулятор с пятой минуты процесса начал переводить вододелитель на расход в соответствии с формулой:

$$Q_H = (24 + 16 + Q_{\text{ком.}}), \text{ м}^3/\text{с}$$

На рис. 1б приведен реализованный гидрограф расхода через вододелитель, из которого видно, что это сооружение работало с подачей  $Q_{\text{ком.}}$  в течение 24 мин. и затем вышло на новый установившийся режим с  $Q_H = 40 \text{ м}^3/\text{с}$ , максимальное значение расхода при регулировании - 51  $\text{м}^3/\text{с}$ .

При сравнении профиля свободной поверхности по окончании регулирования, приведенного на рис. 1б и кривой для

$Q = 40 \text{ м}^3/\text{с}$  на рис. 1а видно совпадение нового установившегося режима с данными, полученными при предварительном расчете.



На рис. 1а построены кривые изменения уровня при регулировании, показывающие аperiodический характер процесса.

Время выхода на новый установившийся режим равно, примерно, 270 мин.

Проведенный эксперимент подтверждает, что на АБМК возможно применение схемы регулирования с перетекающими объемами. Однако окончательный выбор системы регулирования должен основываться на детальном рассмотрении и технико-экономическом сопоставлении различных способов, с учетом наносных режимов, потерь на фильтрацию и прочих технологических ограничений.

### Л и т е р а т у р а

1. К о в а л е н к о П.И., И л ь и н а Л.М. Схема автоматического водорегулирования с перетекающими объемами. "Гидротехника и мелиорация", 1975, № 4.

2. В а с и л ь е в О.Ф., А т а в и н А.А., В о е в о д и н А.Ф. Методы расчета неустановившихся течений в системах открытых русел и каналов. "Численные методы механики сплошной среды", т.6, № 4, 1975.

3. Б о л ь ш а к о в В.А., К л е щ е в н и к о в а Т.П. Численные расчеты регулирования расходов и уровней воды в ориентальных каналах. "Гидравлика и гидротехника", вып.18, Киев, "Техника", 1974.



Л.М. ГЛАГОЛЕВА  
канд. техн. наук  
(ТашЗНИЭП)  
К.С. РАСУЛЕВ  
инженер  
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

### АКТИВАЦИЯ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕЙ ФУРАНОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В последние годы широкое развитие в нашей стране получило производство пластмасс и синтетических смол, что позволяет использовать их как в промышленном, так и водохозяйственном строительстве.

Применяемые в настоящее время в оросительных сетях сборные железобетонные оголовки изготавливаются в двух вариантах: для подвода воды к рисовым чекам и для гашения потока на сбросе. Главриссовхозстроем заканчивается строительство цеха по выпуску полимербетонных тонкостенных оголовков, в зависимости от необходимости выполняющих обе функции.

В качестве связующего в таких полимербетонах используют смесь фурфурола, отвердителя и модифицированного микронаполнителя. Долговечность и физико-механические свойства таких полимербетонных изделий зависят от многих факторов, одним из которых является прочность зоны "связующее-наполнитель".

Петрографические исследования многих авторов показали, что полимерным композициям с различным минералогическим составом свойственен различный характер разрушения зоны связующее-наполнитель: адгезионный, адгезионно-когезионный, когезионный /1/.

Обработка микронаполнителя с целью удаления гидроксильных групп на поверхности его путем измельчения в присутствии апфетов может привести к качественному улучшению свойств полимербетонных изделий на фурановых связующих /1/. Так как поверхность дисперсной фракции составляет более 90% общей поверхности наполнителя, целесообразно подвергать модификации, в первую оче-



редь, микронаполнитель полимерных композиций. Существует несколько вариантов модификации, одним из которых — простым и доступным — является модификация кварцевых или других заполнителей путем совместного помола с веществами, реакционно способными к связующему.

В настоящее время известны работы по модификации микронаполнителя такими компонентами, как катапин, октадецилами, фенилтрихлорсилан, графит, эпоксидная смола ЭД-5, флюорит, пирит, сульфированный уголь, фурановые олигомеры, кремнийорганические соединения. Эффект гидрофобизации в этих случаях сказывается в упрочении полимерных композиций в результате снижения внутренних напряжений и изменения природы связи в конгломерате. Отмечено повышение водостойкости материала, подвижности его и уменьшение полимероемкости смеси /1/.

Эти исследования показывают, что модификация минеральных микронаполнителей различными органическими веществами способствует улучшению свойств полимерных композиций за счет упрочения связи органического связующего с зернами минеральных наполнителей.

Мы разрабатывали технологию приготовления фурановых композиций, получаемых на фурфурол-дифениламиновых и фурфуролкарбамидных связующих с кварцевыми наполнителями. Исследования микроструктуры таких композиций показали, что так же, как и в композициях на ФА и ПН- смолах, ослабление структуры происходит частично за счет плохой связи в зоне контакта связующего с кварцевым наполнителем. С целью упрочения этой связи мы исследовали композиции на фурфурол-дифениламиновом связующем и кварцевом модифицированном песке.

Влияние модификации изучали на композиции следующего состава:

ФД — I в.ч.;

БСК — 0,25 в.ч.;

Молотый кварцевый песок — 4 в.ч.

Модификацию микронаполнителя производили фурфуролом, карбамидом, хлорным железом, ГЖ-II, БСК, графитом. Влияние модификации кварцевых песков на свойства композиции определяли по изменению прочностных показателей, коэффициента водостойкости, а также реологических свойств смеси. В таблице приводятся



Т а б л и ц а

Прочность и водостойкость мастик с различной модификацией  
микронаполнителя

| Но-<br>мер<br>п/п | Вид модифика-<br>ции кварцево-<br>го песка | К-во моди-<br>фикатора,<br>% к весу<br>наполните-<br>ля | Предел прочности     |          |                      |          | Водостойко-<br>сть мастик |      |
|-------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|---------------------------|------|
|                   |                                            |                                                         | при сжатии,          |          | при изгибе,          |          | после вы-<br>держивания   |      |
|                   |                                            |                                                         | кг/см <sup>2</sup> в | возрасте | кг/см <sup>2</sup> в | возрасте | в воде, сут               |      |
|                   |                                            |                                                         | I                    | 30       | I                    | 30       | 30                        | 90   |
| 1                 | Чистый                                     | —                                                       | 180                  | 810      | 55                   | 189      | 0,85                      | 0,78 |
| 2                 | Фурфурол                                   | I                                                       | 180                  | 820      | 57                   | 227      | 0,9                       | 0,82 |
| 3                 | Фурфурол                                   | I                                                       | 250                  | 840      | 75                   | 204      | 0,9                       | 0,85 |
|                   | Карбамид                                   | I                                                       |                      |          |                      |          |                           |      |
| 4                 | Хлорное железо                             | I                                                       | 280                  | 840      | 82                   | 200      | 0,9                       | 0,86 |
| 5                 | ГКЖ-II                                     | I                                                       | 385                  | 950      | 95                   | 238      | 0,93                      | 0,89 |
| 6                 | Фурфурол                                   | I                                                       |                      |          |                      |          |                           |      |
|                   | Карбамид                                   | I                                                       | 390                  | 900      | 92                   | 225      | 0,91                      | 0,86 |
|                   | Хлорное железо                             | I                                                       |                      |          |                      |          |                           |      |
| 7                 | БСК                                        | I                                                       | 390                  | 720      | 47                   | 210      | 0,87                      | 0,82 |
| 8                 | Графит                                     | I                                                       | 200                  | 620      | 61                   | 144      | 0,93                      | 0,89 |

П р и м е ч а н и е . В воду образцы помещали в возрасте 30  
суток воздушно-сухого хранения

результаты испытаний образцов, изготовленных из приведенного  
состава, с различными вариантами модификаций.

Отмечено, что у смесей, приготовленных на модифицирован-  
ных наполнителях, резко повышаются подвижность и удобоукладыва-  
емость. Мастики состава № 6 имели распыл конуса, равный 18-20  
см; состав № 5 — 14-16 см и № I (контрольный) — 8-11 см. Это  
указывает на пластификацию смеси при применении модифицирован-  
ного микронаполнителя, что позволяет снизить расход полимерного  
связующего, повысить наполняемость полимера и, таким образом,  
снизить усадочные деформации.

Приведенные в таблице результаты свидетельствуют о влиянии  
модификации микронаполнителя на начальную скорость твердения.  
Мастики, приготовленные на немодифицированном микронаполнителе,



обладают прочностью  $180-200 \text{ кг/см}^2$ , в то время как применение модифицированного микронаполнителя позволяет получить суточную прочность до  $400 \text{ кг/см}^2$ , что указывает на интенсификацию прохождения полимеризации.

Введение трехкомпонентной системы в качестве микронаполнителя позволяет ускорить процесс поликонденсации за счет присутствия мелкодисперсного карбамида на поверхности зерен микронаполнителя. Присутствие в качестве одного из компонентов микронаполнителя, обработанного фурфуролом, увеличивает подвижность смеси, а активация микронаполнителя катализатором способствует равномерному распределению его по объему смеси и исключает локальные разогревы в массе.

С целью сокращения расхода катализатора в качестве модификатора микронаполнителя было применено хлорное железо в количестве 1% к весу наполнителя. Суточная прочность полимерных мастик, изготовленных с применением этого микронаполнителя, составила  $280-300 \text{ кг/см}^2$ , а образцы 28-суточного хранения показали прочность на сжатие  $840-900 \text{ кг/см}^2$ . Расход катализатора в этом случае составил 14-16% от веса связующего, в то время как для контрольных образцов, приготовленных на "чистом" микронаполнителе, количество катализатора равнялось 25%.

В процессе приготовления полимерных композиций наиболее сложным является равномерное распределение незначительного количества вводимого отвердителя по всему объему смеси. Неравномерность приводит к местным разогревам, комкованию смеси и появлению местных напряжений. Обычно для равномерного распределения БСК рекомендуется вводить его в смеси с растворителями, такими, как ацетон, фурфурол и т.д. Ацетон нежелателен, так как это — быстроулетучивающийся продукт, который впоследствии оставляет поры в структуре; а раствор с фурфуролом нужно производить за 15-20 мин. до введения в полимерную смесь.

Анализ модификации микронаполнителя хлорным железом и полученные данные позволили сделать вывод о целесообразности введения в смесь катализатора, совмещенного с микронаполнителем. Проведенные нами эксперименты с целью введения катализатора в роли модификатора микронаполнителя путем их совместного помола показывают, что такой процесс позволяет адсорбировать частицы



отвердителя на поверхность наполнителя и таким образом добиться как лучшего распределения катализатора по массе, так и увеличения его реакционной способности.

Применение в качестве модификатора органических веществ способствует повышению водостойкости мастик за счет получения гидрофобной поверхности минерального микронаполнителя, которая увеличивает адгезионную связь на контакте органической и минеральной фаз. Снятие спектров микропорошков, измельченных совместно с органическими добавками, показали наличие адсорбции этих веществ на поверхности минерального наполнителя.

Учитывая изложенное выше, можно сказать, что модификация микронаполнителей позволяет получать полимербетоны высокой прочности, плотной структуры. Такие полимербетоны можно использовать в водохозяйственном строительстве для изготовления коллекторных труб и облицовочных плит; толщина изделий уменьшается за счет высокой прочности материалов.

### Л и т е р а т у р а

1. "Сталеполимербетонные строительные конструкции" под ред. С.С.Давыдова, М., 1972.
2. "Бетон и железобетон", журн. № 8, М., 1974 (ст.В.И.Соломатова "Водостойкость полимербетона").
- З о р о б ч е н к о Е.В. "Фурановые смолы". Техн.лит.УССР, Киев, 1963.



Д.Б. КУРБАНОВ  
инженер  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ СМЕННОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРА Э-652Б - ДРАГЛАЙН БО-  
КОВОГО КОПАНИЯ

В целях проверки эффективности работы сменного оборудования драглайна бокового копания экскаватора Э-652Б и для решения вопроса применения его на оросительных системах Средней Азии отделом организации и механизации водохозяйственных работ САНИИРИ в 1975 г. в совхозе им. А.Курбанова Джамбайского района Самаркандской области были проведены испытания сменного оборудования на очистке каналов различных типоразмеров и с разной степенью заиления (рис. 1).

Канал "Ходжа" имеет глубину 1,2-3,6 м, ширину по дну 1,0-1,4 м, по верху - 3-12 м. Глубина канала "Подводящий" 3-5 м, ширина по дну 5-6,5 м, по верху 12-21 м. Средний удельный объем очистки составлял 0,99 м<sup>3</sup>/пог.м по каналу "Ходжа" и 6,76 м<sup>3</sup>/пог.м по "Подводящему".

Гранулометрический состав наносов определялся в основном легкой и тяжелой пылеватой супесями. Физико-механические свойства грунтов по первому и второму каналам следующие: объемный вес влажного грунта 1,54-1,8 г/см<sup>3</sup>; объемный вес скелета грунта 1,26-1,59 г/см<sup>3</sup>; влажность 8-42%; число пластичности 2,4-5. Следовательно, наносный грунт относится к I группе по трудности разработки одноковшовыми экскаваторами.

При очистке каналов "Ходжа" и "Подводящий" проводился хронометраж работы экскаватора. Усредненные показатели работы драглайна бокового копания представлены в табл. I.

Т а б л и ц а    I

| Канал      | T <sub>ч</sub> | T <sub>т</sub> | T <sub>п.р.</sub> | T <sub>р</sub> | T <sub>э</sub> | W      | Σ      |
|------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|--------|--------|
| Ходжа      | 66,5           | 10,72          | 77,22             | 49,7           | 143,12         | 3828,1 | 3860,5 |
| Подводящий | 17,8           | 1,0            | 18,08             | 11,3           | 34,35          | 1689,5 | 250    |



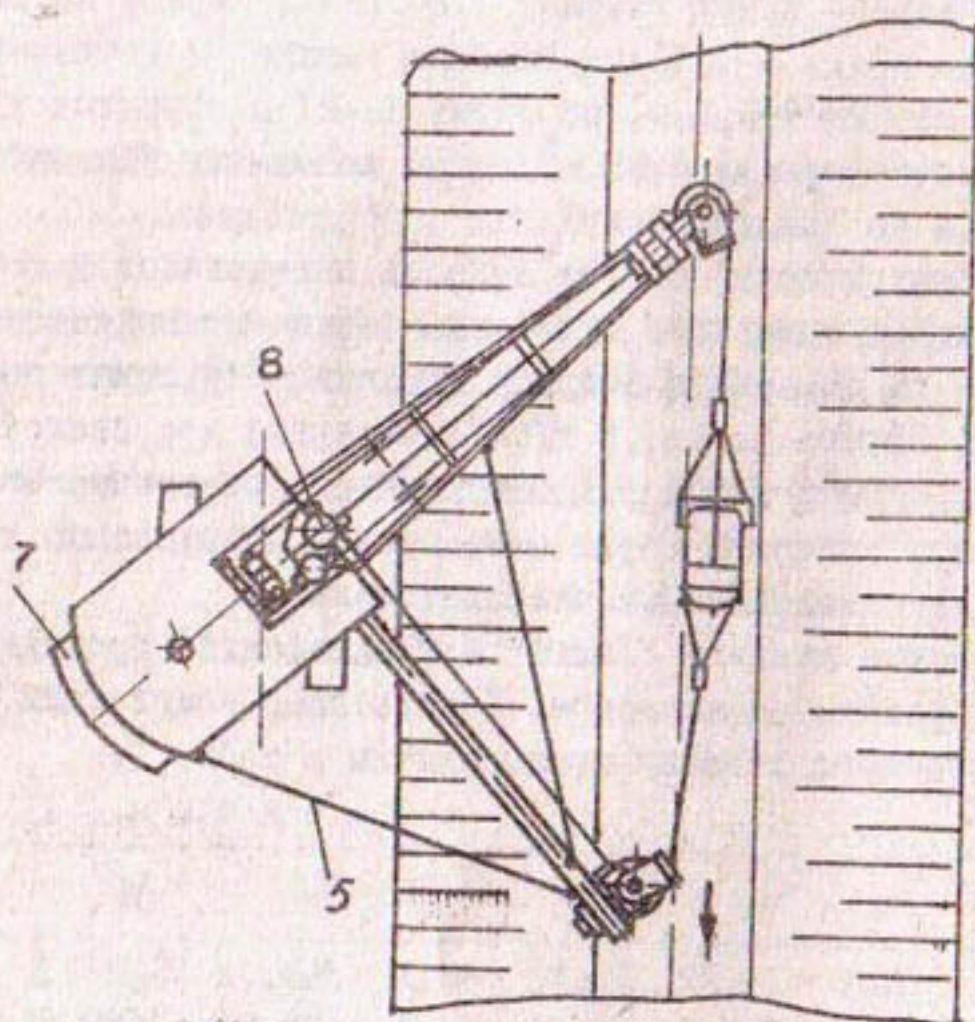
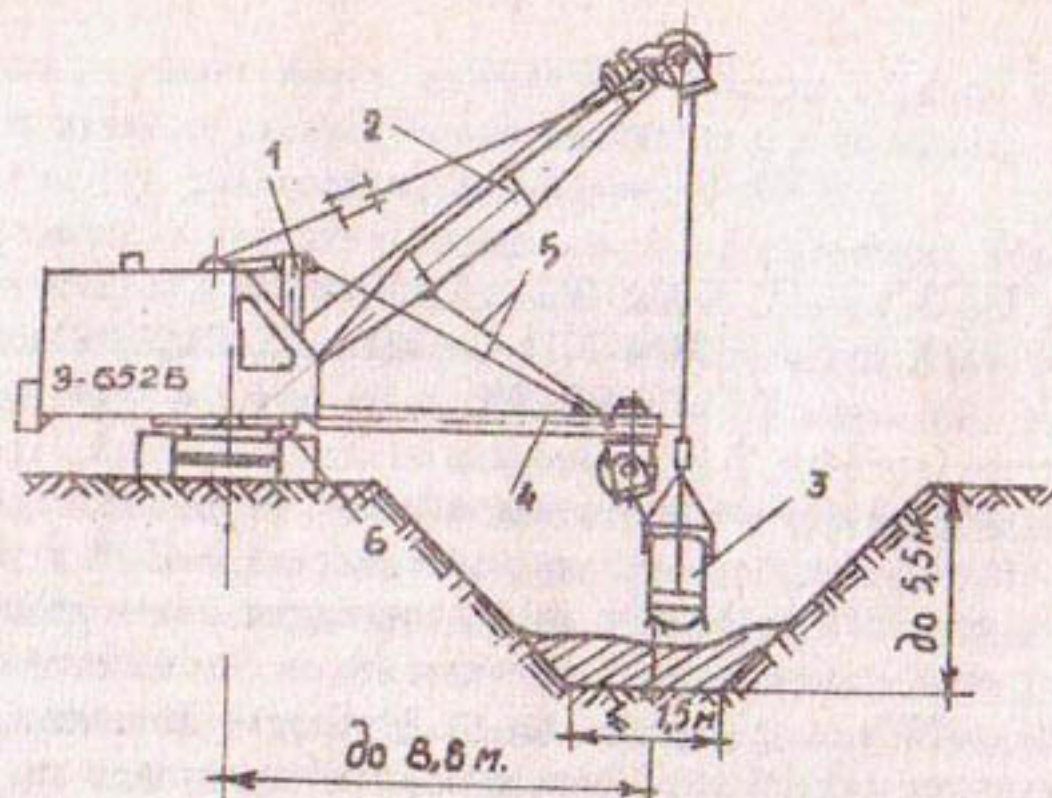


Рис. I. Схема экскаватора 3-652Б, оборудованного драглайном бокового копания: 1 - стойка; 2 - стрела; 3 - ковш с навеской; 4 - укосина; 5 - канатные растяжки; 6 - стопорные устройства; 7 - контргруз; 8 - направляющий блок.



- $T_{\text{ч}}$  — время чистой работы экскаватора, ч;  
 $T_{\text{т}}$  — время передвижки экскаватора из забоя в забой, ч;  
 $T_{\text{п.р.}} = T_{\text{ч}} + T_{\text{т}}$  — полезное время, ч;  
 $T_{\text{р}}$  — время устранения поломок и неисправностей, ч;  
 $T_{\text{э}}$  — эксплуатационное время, ч;  
 $W$  — объем земляных работ, м<sup>3</sup>;  
 $L$  — длина очищенных каналов, м.

По результатам хронометражных наблюдений определялись средние показатели работы экскаватора (табл.2).

Т а б л и ц а 2

| Канал           | $t_{\text{ч}}$ | $\gamma_{\text{ч}}$ | $K_{\text{н}}$ | $K_{\text{в}}$ | $t_{\text{пер.}}$ | $l_{\text{пер.}}$ | $\omega$ | $\Pi_{\text{т}}$ | $\Pi_{\text{тех}}$ | $\Pi_{\text{см}}$ |
|-----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|----------|------------------|--------------------|-------------------|
| Ходжа           | 26,9           | 0,47                | 0,81           | 0,47           | 68,1              | 6,70              | 0,99     | 57,6             | 49,6               | 27,4              |
| Подводя-<br>щий | 25,1           | 0,604               | 0,933          | 0,53           | 79,5              | 5,45              | 6,76     | 94,5             | 89,5               | 50                |

- $t_{\text{ч}}$  — средняя продолжительность рабочего цикла, с;  
 $\gamma_{\text{ч}}$  — объем грунта, удаляемого за один цикл, м<sup>3</sup>;  
 $K_{\text{н}}$  — коэффициент наполнения ковша, выраженный в объеме грунта естественного залегания;  
 $t_{\text{пер.}}$  — продолжительность передвижки из забоя в забой, с;  
 $l_{\text{пер.}}$  — длина передвижки из забоя в забой, м;  
 $\omega$  — удельный объем работ, м<sup>3</sup>;  
 $\Pi_{\text{т}}$  — техническая производительность экскаватора за час чистой работы, м<sup>3</sup>/ч;  
 $\Pi_{\text{тех}}$  — технологическая производительность экскаватора за час полезной работы, м<sup>3</sup>/ч;  
 $\Pi_{\text{см}}$  — производительность экскаватора за час сменного времени, м<sup>3</sup>/ч.

Эксплуатационно-экономические показатели драглайна бокового копания представлены в табл.3.

На основании полученных производственных и эксплуатационно-экономических показателей драглайна бокового копания можно отметить следующие его достоинства в сравнении с обычным драглайном.

1. После очистки драглайном бокового копания дна каналов от заиления и растительности откосы каналов не повреждаются.



Т а б л и ц а 3

| Наименование показателей                                                              | Канал |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|                                                                                       | Ходжа | Подводящий |
| Балансовая стоимость, руб                                                             | 17206 |            |
| Годовая загрузка оборудования, ч                                                      | 1200  | 1200       |
| Сменная производительность, м <sup>3</sup> /ч                                         | 26    | 50         |
| Годовая выработка (расчетная), м <sup>3</sup>                                         | 21200 | 60000      |
| Затраты труда на 1 м <sup>3</sup> выработки, чел/ч                                    | 0,15  | 0,08       |
| Прямые эксплуатационные затраты на<br>1 м <sup>3</sup> выработки, руб/м <sup>3</sup>  | 0,336 | 0,272      |
| Удельные капиталовложения в расчете<br>на 1 м <sup>3</sup> работы, руб/м <sup>3</sup> | 0,54  | 0,288      |
| Приведенные затраты на 1 м <sup>3</sup> выработки,<br>руб/м <sup>3</sup>              | 0,401 | 0,318      |

2. При перемещении ковша драглайна в направлении, параллельном оси канала, значительно улучшается качество очистки, дно канала остается ровным.

3. Уменьшается объем земляных работ по очистке каналов в три и более раз за счет исключения разработки откосов (например, на канале "Ходжа" по смете следовало разработать 14040 м<sup>3</sup>, а разработано 3828,6 м<sup>3</sup>).

4. Наиболее эффективно применение драглайна бокового копания на очистке каналов, имеющих ширину по верху  $\geq 10$  м, по дну  $\geq 1,5$  м и глубину  $\geq 3,0$  м.

За период испытания данного оборудования был обнаружен ряд конструктивных недостатков отдельных узлов.

1. Наблюдалось самоторможение стопорного устройства, в результате чего часто происходил срыв накладок и изгиб самой ленты.

2. В связи с неудачной конструкцией наводки головного блока укосины с первого же дня несколько раз повторялось заклинивание тягового каната между направляющими роликами 4 и 8 и щеками 3 и 7 наводки (рис. 2). В результате тяговый канат быстро выходил из строя.

В целях устранения этих недостатков нами были внесены изменения в конструкцию оборудования драглайна бокового копания.



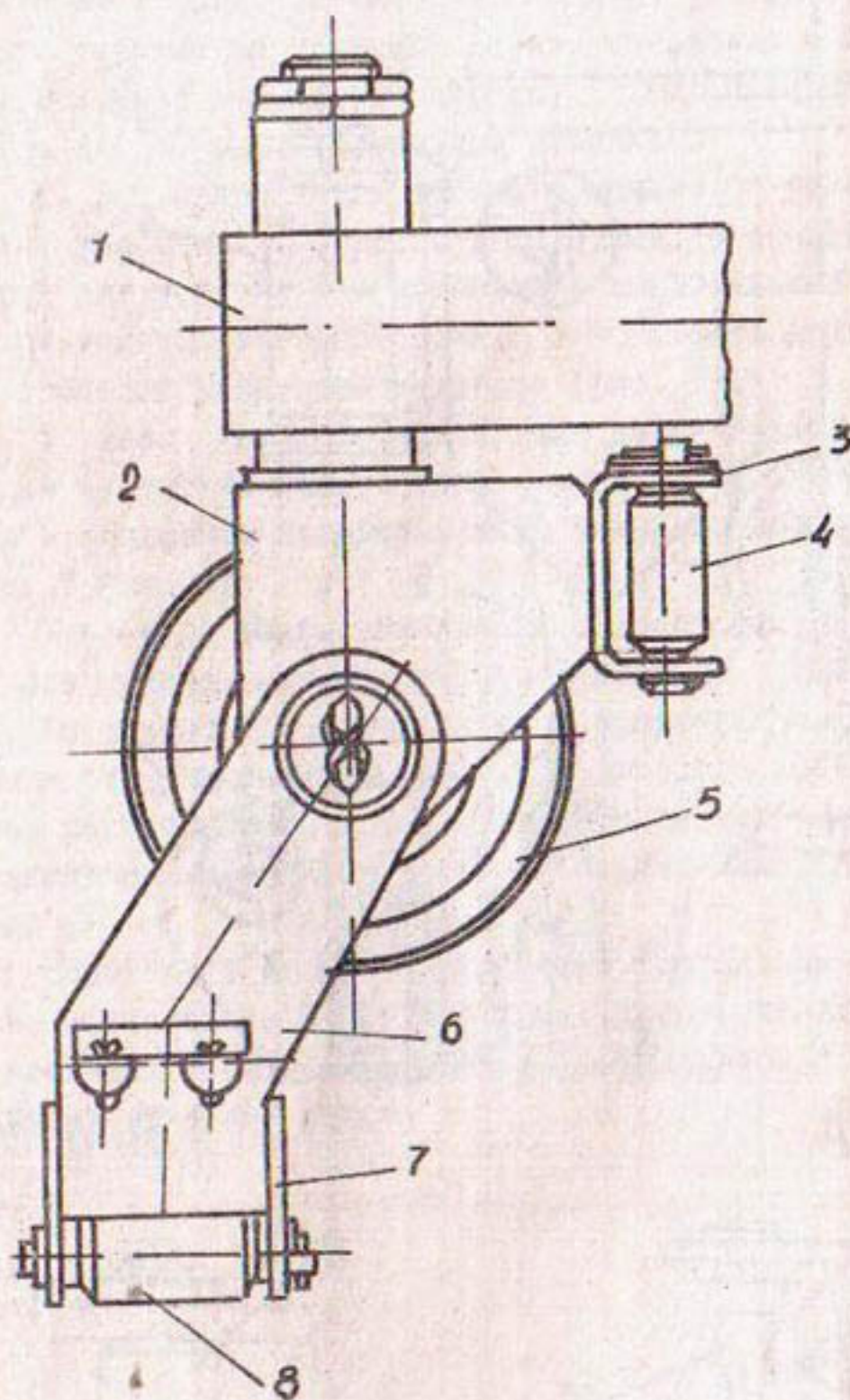


Рис. 2. Головная часть боковой укосины оборудования драглайна бокового копания: 1 — укосина; 2 — вилка; 3, 7 — щеки; 4, 8 — ролики; 5 — блок; 6 — наводка.



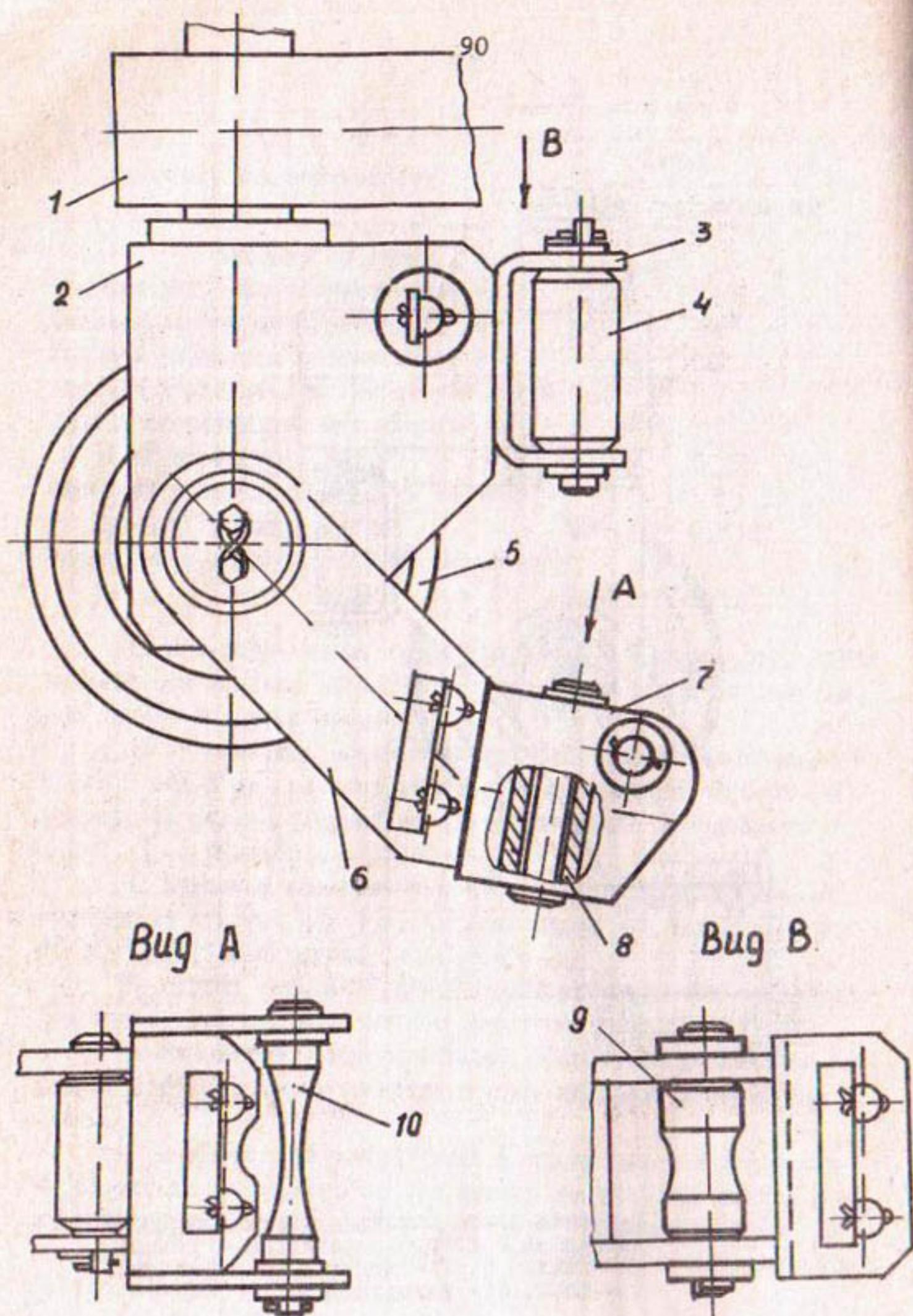


Рис. 3. Головная часть боковой укосины оборудования драглайна бокового копания после модернизации: 1 - укосина; 2 - вилка; 3, 7 - щеки; 4, 8, 9, 10 - ролики; 5 - блок; 6 - наводка.



1. Для предотвращения процесса самоторможения и обеспечения возможности регулировки плавного усилия торможения стопорного устройства тормозные ленты изготовлены из листовой стали толщиной 6–8 мм (по чертежу 10 мм) и на каждой проушине установлено по одной пружинной растяжке.

2. Для направления тягового каната от роликов 4 к блоку 5 вилки укосины 2 и обратно между ними установлен ролик 9, который дал возможность ограничить вертикальные и горизонтальные перемещения тягового каната и исключить его заклинивание в процессе работы экскаватора (рис. 3).

3. Перед двумя вертикальными направляющими роликами 8 наводки 6, установлен горизонтальный ролик 10. Увеличена прочность и жесткость наводки приваренными на обе стороны листами-щеками 7 (см. рис. 3).

Благодаря таким изменениям в конструкции оборудования была обеспечена надежная работа машины во время испытаний.

Результаты производственных испытаний показали работоспособность, надежность драглайна бокового копания, что позволило рекомендовать его к внедрению на очистке оросительных и коллекторно-дренажных каналов Средней Азии, глубиной более 4,0 м.

Освоение и широкое применение драглайнов бокового копания на экскаваторе Э-652Б позволит решить проблему очистки оросительных и коллекторно-дренажных каналов с небольшими удельными объемами работ.



М.А. ЮСУПБЕКОВ

ст.инженер

В.С. БОНДАРЕВСКИЙ

инженер

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

## ИСПЫТАНИЕ КОСИЛКИ ККД-1,5 НА КАНАЛАХ ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ

В комплексе мероприятий по уходу за каналами открытой коллекторно-дренажной сети предусматривается очистка их от травяной и кустарниковой растительности.

Каналы дренажных систем интенсивно зарастают влаголюбивой растительностью, что объясняется малыми скоростями движения воды и небольшими глубинами наполнения.

Растительность в каналах по характеру произрастания может быть объединена в три группы: погруженные, полупогруженные и надводные растения. По дну каналов растут, в основном, тростник, рогозы, осока, мята водяная, стрелолист, куриное просо, клубнекамыш и различного вида водоросли. На откосах и берегах произрастают, главным образом, репейник, куриное просо, верблюжья колючка, мята, осока, щирца, гумай, лебеда, повилика и др. Вегетационный период большинства сорняков начинается в марте и продолжается до октября - ноября /1,2/.

Заращение каналов приводит к замедлению скорости течения воды, быстрому их заилению, подъему уровня воды в них, уменьшению дренирующей способности и подъему уровня грунтовых вод, а также к засорению труб, сооружений и мостов, увеличению количества вредных насекомых и вредителей сельскохозяйственных культур и т.п. В связи с этим борьба с заращением коллекторно-дренажной сети приобрела в настоящее время большое значение. Кроме того, полное уничтожение сорняков позволит проводить мероприятия по укреплению откосов каналов залужением многолетними травами, что, в свою очередь, снизит засоряемость полей.

Учитывая важность изложенного вопроса, Минводхоз СССР поручил САНИИРИ в 1975 г. провести испытания косилки ККД-1,5



на объектах треста "Ташоблимелиоводстрой".

Косилка ККД-1,5, серийно выпускаемая Люберецким заводом сельскохозяйственного машиностроения, выполнена в виде навесного оборудования на трактор и снабжена пальцево-сегментным режущим аппаратом с шириной захвата 1,5 м. Она предназначена для кошения травяной и мелкой кустарниковой растительности на откосах каналов, берм и дамб с крутизной до  $45^{\circ}$  и шириной до 3 м. Сменным рабочим органом косилки служит подборщик (грабелный аппарат), представляющий собой две параллельные бесконечные цепи с граблями. Подборщик предназначен для поперечного перемещения скошенной травы на небольшие расстояния за пределы полосы захвата. Масса косилки с полным комплектом рабочих органов составляет 885 кг.

Навешиваются рабочие органы между передним и задним колесами трактора МТЗ-5ЛС посредством системы рам с механизмом уравнивания. Такая система навески дает возможность в широких пределах регулировать положение рабочего органа по отношению к трактору и позволяет вести наблюдения за рабочими органами из его кабины. Привод рабочих органов гидравлический. Обслуживает косилку один тракторист.

Приказом Минводхоза СССР предусматривалось проведение испытаний в июле-октябре 1975 г., однако в связи с несвоевременным получением косилки испытания были проведены в октябре-декабре 1975 г., когда скашиваемая растительность достигла зрелости и вегетационный период закончился.

В работах /1,2,3/ авторы рекомендуют растительность, покрывающую откосы каналов и бермы, скашивать в течение вегетационного периода 2 раза в период цветения, чтобы не допустить обсеменения.

На каналах, подвергавшихся очистке во время испытаний, оптимальные сроки скашивания не были соблюдены, что, естественно, затрудняло работу испытываемой машины и отразилось на результатах испытаний. Испытания косилки проводились в колхозе им. Куйбышева и совхозе ТуркВО. Эти хозяйства находятся в непосредственной близости от города Ташкента и, вероятно, поэтому, каналы в них были сильно засорены различного рода посторонними предметами, которые, попадая в режущий



аппарат, вызывали его поломку. Осмотр каналов перед работой машины был крайне затруднителен из-за большой высоты и густоты скашиваемой растительности.

Эти факторы, а также неблагоприятные метеорологические условия (дождь, снег) способствовали образованию на режущем аппарате косилки быстроувеличивающейся копны, для удаления которой требовалась остановка машины.

Глубина каналов, на которых проводились испытания, составляла 1–2 м. Высота скашиваемой растительности достигала 4 м при густоте стояния до 200 стеблей жесткостебельной растительности диаметром до 20 мм на 1 м<sup>2</sup>.

На откосах встречались также кусты шиповника и другая кустарниковая растительность с толщиной веток 20–30 мм, при наезде на которые ножи косилки останавливались.

При проведении испытаний машина работала по следующей технологической схеме: сначала окашивалась берма (если это требовалось), затем при движении трактора по берме производилось окашивание верхней части откоса с последующей уборкой скошенной растительности, и только после этого производился проход косилки по нижней части откоса. Окашивать откосы за два последовательных прохода косилки было невозможно, так как большая высота скошенной растительности практически сводила к нулю работу полевой доски, в функцию которой входила подготовка дорожки для внутреннего башмака режущего аппарата при последующем проходе. Такая технологическая схема работы машины требует частой смены рабочих органов и планировки бермы, поэтому при необходимости бермы планировались автогрейдером. Работа косилки проверялась, в основном, при движении трактора на первой передаче с включенным ходоуменьшителем, так как указанные выше факторы не позволили проверить работу косилки на более высоких скоростях.

За период проведения испытаний чистое время работы режущего аппарата составило 31,52 ч, а подборщика – 19,57 ч. Растительность была скошена с площади 6,17 га и убрана с площади 3,63 га. Производительность косилки при средней скорости движения 1,30 км/ч составила за час чистого времени 0,196 га.

Структура эксплуатационного времени косилки приведена в таблице.



Т а б л и ц а

| Показатель                                       | Количественная<br>оценка, % |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|
| Чистое время работы                              | 58,3                        |
| Время на объезд препятствий                      | 1,1                         |
| Простой,                                         | 22,14                       |
| в том числе:                                     |                             |
| из-за регулировки режима                         | 0,04                        |
| из-за очистки                                    | 10,3                        |
| из-за ремонта косилки                            | 11,8                        |
| Время на переезды                                | 14,0                        |
| Ежесменный нормированный техуход<br>за трактором | 2,23                        |
| Нормированный отдых обслуживающего<br>персонала  | 2,23                        |

Существенные затраты времени на очистку и ремонт режущего аппарата в данных испытаниях указывают на необходимость проведения укосов в оптимальные сроки и регулярного надзора и ухода за каналами, а относительно большой процент затрат времени на перегонки косилки обуславливает требование к мобильности базовых шасси.

Коэффициент надежности технологического процесса, по результатам испытаний, составляет 0,85, а по данным Западной МИС — 0,9 /4/. Его значение может быть и выше, если в конструкции косилки предусмотреть поворот режущего аппарата из кабины трактора, так как при забивании режущего аппарата тракторист вынужден выходить из кабины и очищать брус вручную, или ручной лебедкой поднимать режущий брус в вертикальное положение, при котором происходит его самоочистка. Однако испытания показали, что подъем бруса при большом объеме копны невозможен, так как это приводит к изгибу его, а в дальнейшем к нагреву ножа. Эта недоработка в конструкции, а также невозможность одновременной навески косилки и подборщика являются недостатком, снижающим производительность машины.

Необходимо отметить, что выбранные параметры косилки не позволяют полностью использовать возможности базового трактора класса I,4 т. Рекомендуется снабдить ее набором режущих



брусьев различной длины и увеличить мощность гидропривода.

По результатам испытаний были подсчитаны затраты труда и стоимость процесса скашивания. Они составили соответственно 8,07  $\frac{\text{чел.}/\text{ч}}{\text{га}}$  и 24,25 руб/га.

### В ы в о д ы

Проведенные испытания подтвердили надежность конструкции косилки, однако окончательные выводы о машине и ее возможностях сделать трудно из-за небольшого периода наблюдения за ее работой. Необходимы длительные наблюдения за работой косилки ККД-1,5 в различных районах и на разных каналах.

### Л и т е р а т у р а

1. Р е к о м е н д а ц и и по эксплуатации систем горизонтального дренажа в аридной зоне СССР. Фрунзе, "Кыргызстан", 1973.
2. Э р г а ш е в А.Э. Флора водорослей коллекторно-дренажной сети Голодной степи и ее значение. Ташкент, "Фан", 1868.
3. М а с л о в Б.С., С т а н к е в и ч В.С., Ч е р н е н о к В.Я. Осушительно-увлажнительные системы, М., "Колос", 1973.
4. Г а н т м а н В.Б., П о л и н с к и й В.А., Т и х о н о в А.В., А н д р о с о в В.В. Применение косилок при уходе за мелиоративной сетью. "Гидротехника и мелиорация" № 5, 1975.



В.М. ЛЕГОСТАЕВ

доктор сельхоз.наук

В.Г. ЛУНЕВ

Я.П. ХОНДРОЯНИС

Э.Б. УЗЕНБАЕВ

кандидаты сельскохозяйственных наук

В.С. КИРПИЧНИКОВ

канд.эконом.наук

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

# КРАТКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ В СОВХОЗЕ ИМ. ВОРОШИЛОВА ГО- ЛОДНОЙ СТЕПИ

Исследования внутрипочвенного орошения (ВПО) проводились в 1974-1975 гг. с различными конструкциями увлажнительной сети

На опытном участке были заложены закольцованные полиэтиленовые трубки-увлажнители длиной 100 м, диаметром 20 мм с расстоянием между отверстиями перфорации, равным 0,1 м (Р-1, Р-2, Р-3, Р-4, Р-5); незакольцованные увлажнители длиной 40 м, диаметром 12,5 мм с расстоянием между перфорационными отверстиями 0,4 м (Р-10, Р-11), а также увлажнители длиной 60 м, диаметром 16 мм и расстоянием между отверстиями 0,4 м (Р-12, Р-13).

Подпочвенные перфорированные полиэтиленовые трубки-увлажнители были заложены на глубину 45 см с расстоянием между ними 120 см. Строительство системы осуществлено ГСХБ по ирригации по прсекту института Средазгипроводхлопок. Общая площадь участка ВПО в 1975 г. составляла 56 га. Почвы сероземно-луговые, незасоленные, легко- и среднетглинистые с прослоями супесей и тяжелых суглинков. Грунтовые воды в исходном положении заложены на глубине 4 м; минерализация - 3-5 г/л сухого остатка. Агротехнические работы на участке ВПО включали: внесение фосфорных удобрений под основную пахоту, предпосевное боронование с малованием, сев хлопчатника с одновременным внесением гербицидов, подкормки путем внесения растворимых азотных удобрений вместе с поливной водой через подпочвенную увлажнительную сеть, поливы,



В 1975 г. хлопчатник был посеян обычным широкорядным строчным способом и загущенным по схеме  $30 \times 10 \times 1$ . Следует отметить, что из-за засушливой весны и в связи с недостаточной увлажненностью поверхностных (0–10 см) горизонтов почвы всходы не появлялись в течение 10–15 дней, что диктовало необходимость проведения подпитывающего полива. Подпитывающий полив был проведен системой внутрипочвенных труб-увлажнителей поливной нормой 3,7–4,3 тыс. м<sup>3</sup>/га в зависимости от варианта. Большие затраты воды при проведении подпитывающего полива объясняются тем, что требовалось увлажнить слой почвы, где находились семена хлопчатника (4–5 см от поверхности почвы). Капиллярный подъем в разрыхленном натрубном слое почвы совершался очень медленно.

Продолжительность первого полива составила 133–136 часов на участках с увлажнителями длиной 100 м, диаметром 20 мм и перфорацией через 0,1 м. На участках с меньшими диаметрами увлажнителей (12,5 и 16,0 мм), большим расстоянием между перфорационными отверстиями (0,4 м) продолжительность первого полива составила, соответственно, 181 и 195 часов. Первый полив чрезмерно высокой нормой способствовал резкому подъему уровня грунтовых вод и переувлажнению почво-грунтов с глубины 30 см.

Определения послойной влажности почв и концентрации клеточного сока листьев в динамике показали, что до конца августа потребности в поливах не было. Хлопчатник использовал влагу, созданную первым поливом. Проведение двух поливов в конце июня и начале августа нормами 150 и 250 м<sup>3</sup>/га было вызвано потребностью в подкормке хлопчатника азотными удобрениями, а не водным голоданием растений.

Характер динамики влажности почв свидетельствует о высокой влажности почвенного профиля на участке ВПО в течение почти всего вегетационного периода (рис. 1, т. 3). Иссущение почвы к концу вегетации более интенсивно. Это объясняется тем, что ключевая точка 3 размещена на участке с загущенными посевами хлопчатника (347 тыс. растений на гектар и, следовательно, расходование влаги на транспирацию здесь выше, чем на участках с широкорядными посевами (Т-1, Т-2), где густота стояния растений в 2 раза была меньше (148–169 тыс. растений на гектар).



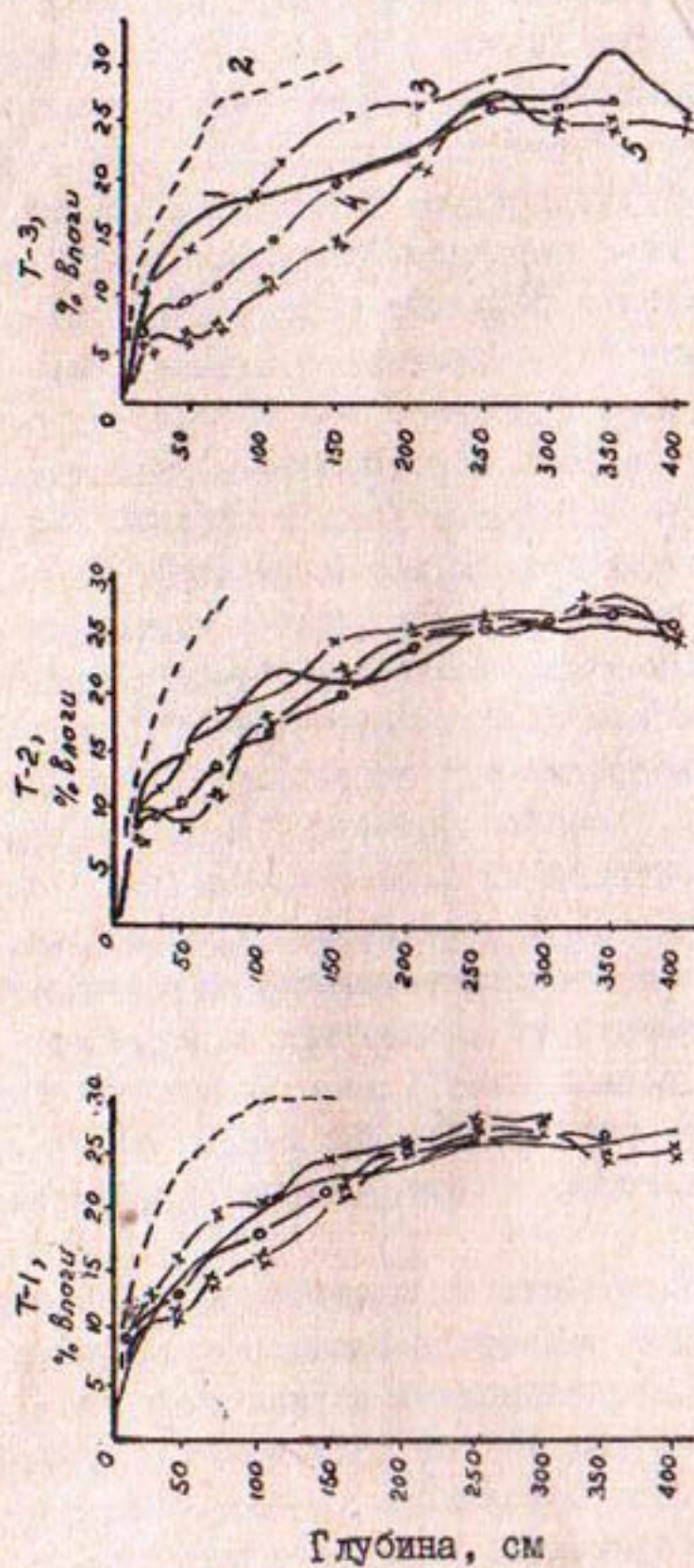


Рис. I. Эпюры влажности почвы в динамике по точкам на участке ВПО.

Даты определения: 1- 24.IV  
2- 4.VI  
3- 17.VII  
4- 19.VIII  
5- 10-19.IX



Гидрологический профиль почво-грунта на фоне бороздкового полива сформирован иначе, чем на грунте ВПО (рис. 2). Это объясняется тем, что на участке бороздкового полива в феврале был проведен запасной полив нормой  $3,0 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$ , в результате чего влажность поверхностных горизонтов здесь к моменту сева была довольно высокой. В вегетацию проведено два полива нормами  $1,5$  и  $1,7 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$ . Средние показатели послойного распределения влаги на фоне бороздкового полива и ВПО неодинаковые, что свидетельствует о различии в характере распределения влаги при разных способах и режимах орошения (рис. 2). В 1974 г. на участке ВПО было проведено 3-4 полива. Относительные нормы на участках с разными конструкциями увлажнительной сети колебались от  $2,5$  до  $4,5 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$ , а глубина грунтовых вод за вегетационный период колебалась в пределах  $2,7-4 \text{ м}$ . Оптимальное увлажнение по всем показателям в этом году наблюдалось также на закольцованных участках с увлажнителями диаметром  $20 \text{ мм}$ , длиной  $100 \text{ м}$  и перфорацией через  $0,1 \text{ м}$ .

В результате инфильтрации при проведении подпитывающего полива большой нормой, резкого подъема УГВ на участке ВПО в 1975 г. отмечалась субирригация и, следовательно, основными факторами, определяющими рост и урожайность хлопчатника, являлись: 1) дата проведения и продолжительность подпитывающего полива; 2) степень равномерности увлажнения надтрубного слоя почвы по площади разных вариантов; 3) дата появления всходов. Эти факторы были наиболее оптимальными на участках с увлажнителями длиной  $100 \text{ м}$ , диаметром трубок  $20 \text{ мм}$  и перфорацией через  $0,1 \text{ м}$ .

Водопотребление хлопчатника на подопытном участке ВПО в 1975 г. изучалось методом теплового баланса при помощи теплосбалансографа Тб-72. За вегетационный период суммарное испарение составило  $648 \text{ мм}$ , из них  $141 \text{ мм}$  воды пошло на физическое испарение и  $507 \text{ мм}$  израсходовалось на транспирацию (рис. 3).

Максимальное ( $74 \text{ мм}$ ) суммарное испарение наблюдалось в первой декаде августа, максимальная месячная сумма испарения также была в августе —  $201 \text{ мм}$ . В этот период на транспирацию было израсходовано  $80\%$ , а на физическое испарение почвой —  $20\%$ , т.е. при внутрипочвенном орошении наблюдается более продуктивное использование влаги и снижение непроизводительных затрат воды на физическое испарение.



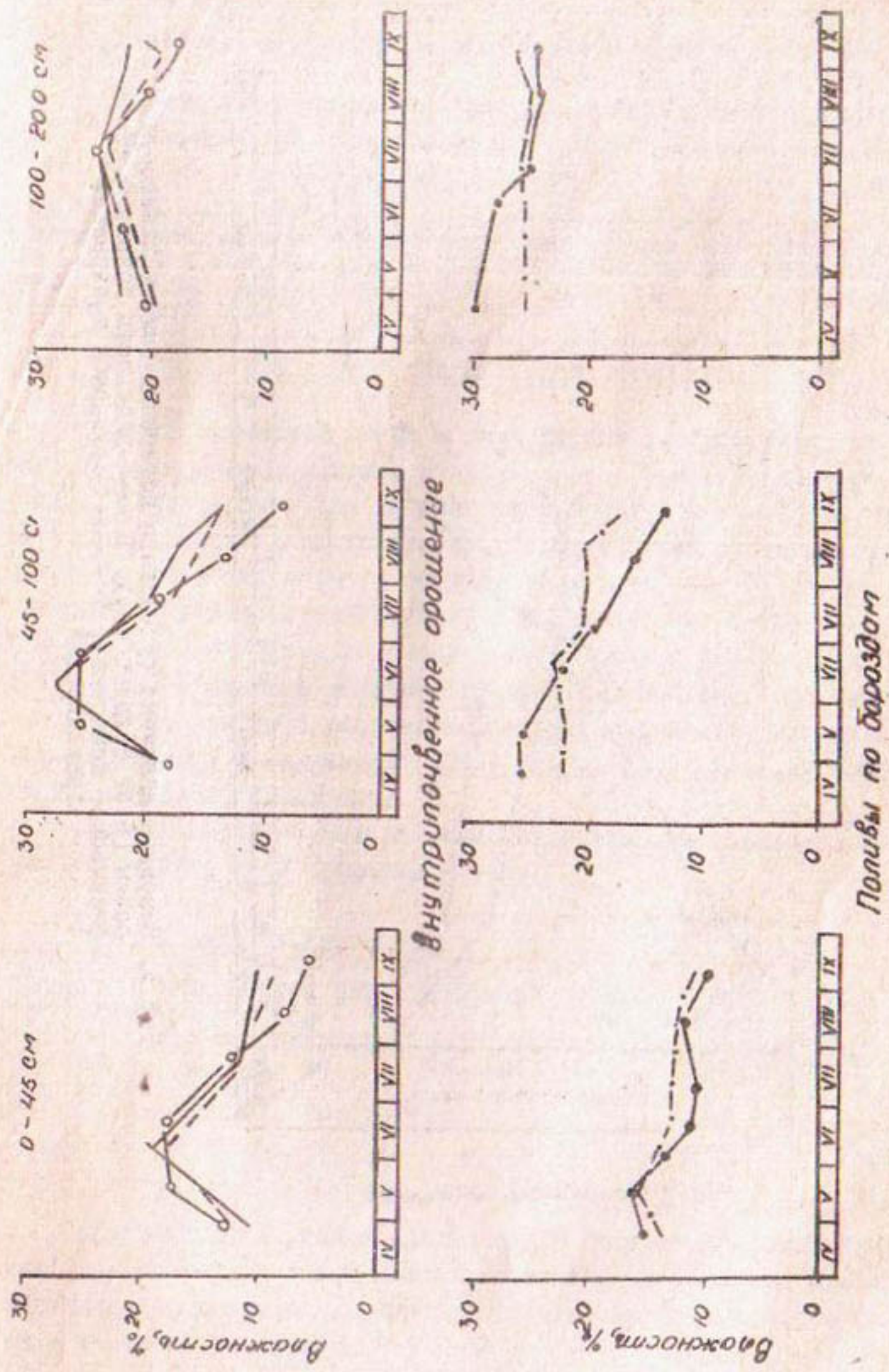


Рис. 2. Характер послонного распределения влаги в вегетации.  
 Условные обозначения: 1- — — — Т-1; 2- — — — Т-2; 3- — — — Т-3; 4- — — — Т-4; 5- — — — Т-5



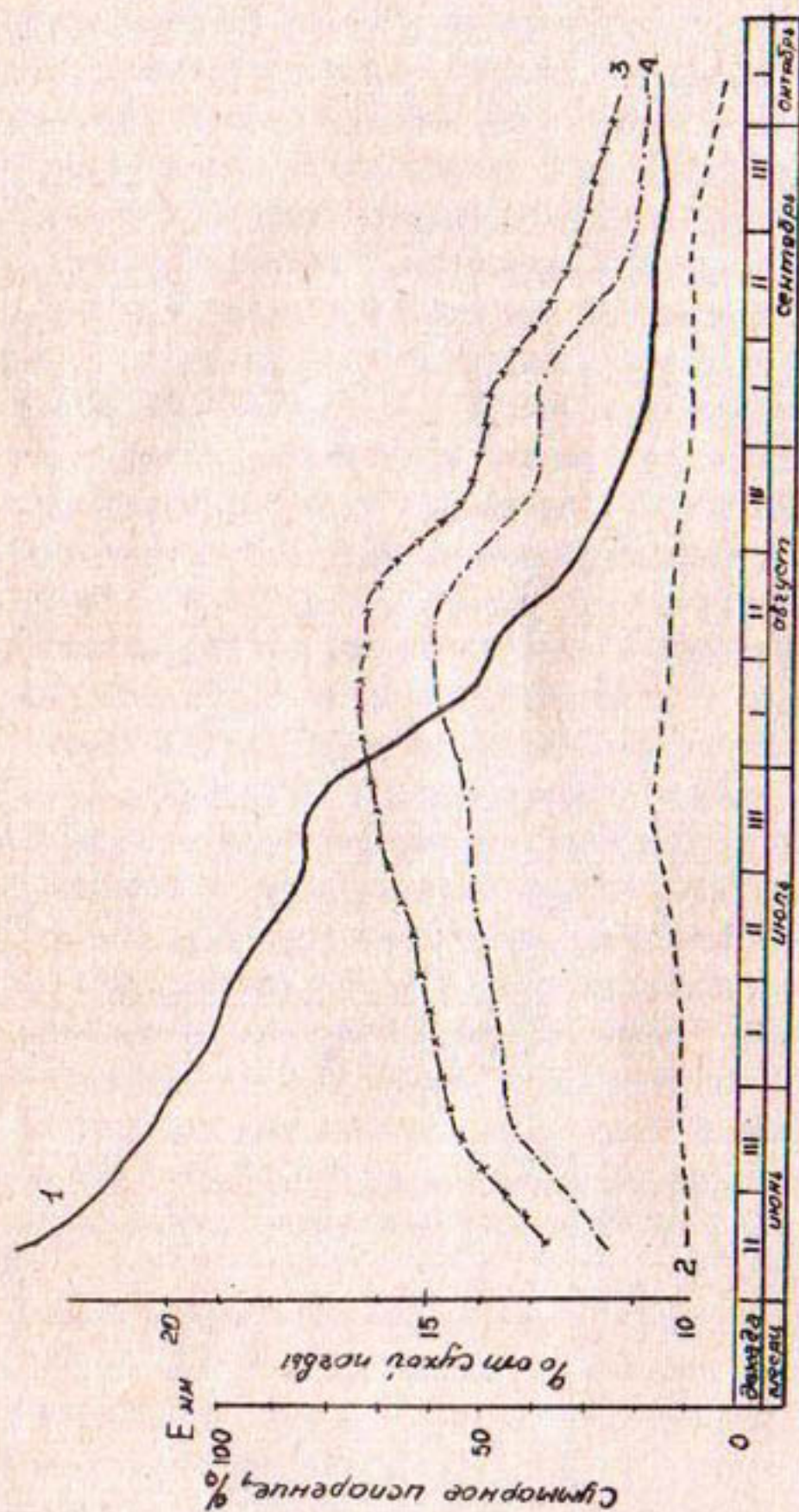


Рис. 3. Сезонная динамика суммарного испарения (мм) и влажности почвы (% от сухой почвы): 1- — — — — влажность почвы; 2- — — — — физическое испарение; 3- - - - - суммарное испарение; 4- — — — — транспирация.



Решение уравнения водного баланса опытного участка позволило установить источники формирования потерь на испарение.

Т а б л и ц а    I  
Расход оросительных и грунтовых вод (мм) на суммарное испарение (по данным водобалансовых наблюдений за вегетационный период)

| Началь-<br>ный за-<br>пас<br>влаги | Конеч-<br>ный за-<br>пас<br>влаги | Измене-<br>ние за-<br>паса<br>влаги | Началь-<br>ный<br>УГВ | Конеч-<br>ный<br>УГВ | Измене-<br>ние<br>УГВ | Водо-<br>пода-<br>ча | Осад-<br>ки | Дрен.<br>сток | Суммар-<br>ное ис-<br>парение |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|---------------|-------------------------------|
| 712                                | 399                               | 313                                 | 2100                  | 4100                 | 240                   | 40                   | 0           | 0             | 593                           |

Запасы почвенной влаги в зоне аэрации, образовавшиеся после первого полива, сыграли большую роль в водоснабжении растений. Только за счет них хлопчатником использовано 313 мм, или 53% общего расхода на испарение. Доля участия грунтовых вод, поднявшихся после первого полива, составила 40%. Остальная часть общего водопотребления (7%) сложилась из расхода воды после проведения двух вегетационных поливов нормами 150 и 250 м<sup>3</sup>/га. Сравнение величин суммарного испарения, полученных методами теплового и водного балансов, показывает, что различие между ними не превышает 10% — находится в пределах точности измерения обоих методов.

Урожай хлопка-сырца на участках с разными конструкциями увлажнительной сети приведен в табл. 2.

Т а б л и ц а    2

| Номер<br>подопыт-<br>ного<br>участка | Урожай хлопка-сырца           |             |                | Густота<br>стояния<br>растений,<br>тыс.га | Урожай,<br>ц/га |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------|----------------|-------------------------------------------|-----------------|
|                                      | Параметры увлажнительной сети | длина,<br>м | диаметр,<br>мм | расстояние между<br>перфорац.отв.         |                 |
| P-5                                  | 100                           | 20,0        | 0,1            | 347                                       | 47,3            |
| P-12                                 | 60                            | 16,0        | 0,4            | 148                                       | 33,1            |
| P-10                                 | 40                            | 12,5        | 0,4            | 169                                       | 28,0            |

Самый высокий урожай хлопка-сырца получен на закольцованном участке P-5, а самый низкий — на незакольцованном P-10, где наблюдалась плохая равномерность увлажнения по площади и пестрота в развитии растений.



Экономические расчеты показывают, что в опытных условиях удельные капитальные вложения при ВПО составляют 5,7-6,1 тыс. руб/га. В результате экономической оценки повышения степени использования земельных ресурсов "окупаемые капитальные вложения" равны 5,5-5,9 тыс.руб.

Анализ технико-экономических показателей, характеризующих эффективность затрат, связанных с внедрением систем ВПО (табл.3), позволяет отметить следующее:

- строительство систем ВПО требует значительных капитальных вложений; наибольший удельный вес в их структуре занимают стоимость материалов и затраты на оплату ручного труда, в основном строительно-монтажных работ. Следовательно, внедрение прогрессивной технологии строительства ВПО, поиск новых конструкций и внедрение более экономичных строительных материалов являются важным резервом снижения капитальных вложений;

- несмотря на то что рассматриваемые системы находятся в стадии строительства, внедрение их способствует наиболее полному использованию земельно-водных ресурсов,

Т а б л и ц а 3

Технико-экономические показатели системы внутрипочвенного орошения

| Показатель                                                | Способы полива |                                        |
|-----------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------|
|                                                           | по бороздам    | ВПО                                    |
|                                                           |                | Длина<br>увл. - 100 м<br>днем. - 20 мм |
| I                                                         | 2              | 3                                      |
| 1 Урожайность хлопчатника, ц/га                           | 27,1           | 47,3                                   |
| 2 Коэффициент земельного использования                    | 0,93           | 1,00                                   |
| 3 Водозабор из источника орошения, м <sup>3</sup> /га     | 6,600          | 5450                                   |
| 4 Сезонная нагрузка поливальщика (оператора)              | 15,0           | 50,0                                   |
| 5 Стоимость сэкономленной воды, руб/га -                  | -              | 64,5                                   |
| 6 Стоимость прироста орошаемой площади, руб/га            | -              | 200,0                                  |
| 7 Продуктивность оросительной воды, кг/м <sup>3</sup>     | 0,41           | 0,87                                   |
| 8 Дополнительный чистый внутрихозяйственный доход, руб/га | -              | 744,0                                  |



| 8  |                                                          |   |        |
|----|----------------------------------------------------------|---|--------|
|    | I                                                        | 2 | 3      |
| 9  | Дополнительный чистый народнохозяйственный доход, руб/га |   |        |
|    | -                                                        |   | 1636,7 |
| 10 | Сроки окупаемости капитальных вложений, лет              |   |        |
|    | -                                                        |   | 8/4 х) |
| 11 | Приведенные затраты, руб/га                              |   |        |
|    | 840                                                      |   | 720    |
| 12 | Условный годовой экономический эффект, руб/га            |   |        |
|    | -                                                        |   | 120    |

рассматривать как один из основных факторов интенсификации орошаемого земледелия.

Основными сторонами эффективности систем ВПО являются:

а) возможность получения высоких и устойчивых урожаев хлопчатника. Прибавка урожая по наиболее перспективному варианту (длина увлажнителей 100 м, диаметр 20 мм) в сравнении с обычным поливом по бороздам составит 20,2 ц/га. Дополнительный чистый доход (внутрихозяйственный) будет равен 744 руб/га и с учетом налога с оборота — 1633 руб/га;

б) повышение коэффициента земельного использования на 7%. Стоимость прироста орошаемых земель, по предварительной оценке, составляет 200 руб/га;

в) сокращение водозабора из источника орошения на 1150 руб/га.

Стоимость сэкономленной воды составляет (по текущим затратам) 64 руб.

г) повышение производительности труда в 3,3 раза;

д) значительный годовой экономический эффект, который условно составил 120 руб/га.

х) В знаменателе срок окупаемости капитальных вложений — по народно-хозяйственному эффекту.



Т.Н. НАРАЛИЕВ  
инженер  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

А.В.МИХАЙЛИН  
гл. инженер  
(Управление строительства "Амубухараканалстрой")

В.Я. ДРЫГА  
канд. техн. наук  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В технологии бетонных работ качество бетона в основном зависит от режима твердения. Твердение бетона должно протекать в условиях влажного воздуха или в воде /1/.

Выполнение этого обязательного требования особенно необходимо в условиях Бухарской области, которая отличается высокой летней температурой, достигающей до  $+45^{\circ}\text{C}$ , и резкими снижениями зимних температур до  $-31^{\circ}\text{C}$ . Амплитуда колебания температуры в течение суток составляет  $30^{\circ}$ . Средняя относительная влажность воздуха самого жаркого месяца в 13 часов - 15-20%, самого холодного - 64-74% /2/.

В таких условиях солнечная инсоляция, а также экзотермический процесс твердения значительно повышают температуру бетона, в результате чего начинается интенсивное испарение его влаги уже в индукционном и гидратационном периодах.

Предотвратить испарение воды из бетона довольно сложно из-за неэффективности использования в качестве укрытия таких материалов, как песок, опилки, маты, рогожи и т.п. Непригодность песка и опилок для укрытия поверхности бетона объясняется их низким изоляционным качеством. Так, например, коэффициент термической диффузии влаги у песка на два порядка больше коэффициента термической диффузии влаги у глины /3/. В опилках влагосодержание воздуха пониженное /4/, что способствует мигрированию влаги из внутренних слоев бетона к поверхности его.



Наличие больших полостей под матами, рогожами, пергамином, брезентом, мешковиной и т.п. не создает благоприятных условий для аккумуляции влаги в бетоне, и миграция ее происходит и в этом случае.

Метод изоляции открытых поверхностей от окружающей среды слоем воды (покрывающим бассейном) толщиной до 5 см для монолитного бетона практически неприемлем и не оправдывает себя. Ограниченность использования лакокрасочных покрытий объясняется потерей их защитных свойств в условиях сухого жаркого климата (применение их возможно только при температуре не выше  $40^{\circ}\text{C}$ ).

Следует возражать и против периодической поливки поверхности бетона, т.к. после каждой поливки наружные его слои испытывают термический удар, вследствие чего в поверхностных слоях возникают напряжения, вызывающие образование трещин /5/.

Анализ литературных данных и проведенные нами исследования позволяют считать, что проблема температурно-влажностного режима твердения бетона в условиях сухого жаркого климата до настоящего времени не решена. Это обстоятельство настоятельно требует поиска эффективного материала, который в качестве укрытия мог бы гарантировать оптимальный температурно-влажностный режим твердения бетона как в летний, так и в зимний период.

Авторами данной работы в качестве такого материала рекомендуется тонкодисперсный грунт (лесс, суглинок, супесь), особенностью которого является не только низкий коэффициент термической диффузии его влаги, но и относительно высокая водонепроницаемость.

Исследования проводили как на бетоне марки 150, который был уложен в канале Курган совхоза "50 лет Октября" Ромитанского района, так и на бетоне марки 200, уложенного в сооружении Кызлтепинской насосной станции.

Портландцемент Ахангаранского завода с активностью  $324 \text{ кгс/см}^2$  соответствовал требованиям, предусмотренным ГОСТом 10178-62. Насыпной объемный вес  $\gamma_{\text{о.н.}} = 1,2 \text{ г/см}^3$ ; удельный вес  $\gamma_y = 3,1 \text{ г/см}^3$ . Нормальная густота  $H_T = 25,25\%$ .



Песок Сарнассийского гравийно-сортировочного завода соответствовал требованиям ГОСТа 4797-69. Его насыпной объемный вес  $\gamma_{о.н.} = 1,6 \text{ г/см}^3$ , удельный вес  $\gamma_{у.} = 2,63 \text{ г/см}^3$ , пустотность  $V_{пуст.} = 39,15\%$ , модуль крупности  $M_K = 2,71$ .

Щебень того же завода удовлетворял требования ГОСТа 8268-62. Оптимальная смесь двух фракций подбиралась в соответствии с показателями ее объемной массы и пустотности и составила 60% для фракции 5-20 мм и 40% для фракции 20-40 мм. Насыпной объемный вес смеси щебня  $\gamma_{о.н.} = 1,65 \text{ г/см}^3$ , удельный вес  $\gamma_{у.} = 2,64 \text{ г/см}^3$ , пустотность  $V_{пуст.} = 37,5\%$ .

Характеристика бетона марки 150: номинальный состав 1:2,95:6,28; В/Ц = 0,8; удобоукладываемость смеси по осадке конуса - 3-5 см; объемная масса свежесделанного бетона  $\gamma_{б/см} = 2480 \text{ кг/м}^3$ ; коэффициент выхода бетона - 0,65.

Характеристика бетона марки 200: номинальный состав 1:2,44:5,44; В/Ц = 0,69; удобоукладываемость смеси по осадке конуса - 3-5 см; объемная масса свежесделанного бетона  $2490 \text{ кг/м}^3$ ; коэффициент выхода бетона - 0,64. Номинальный состав для обеих марок бетона пересчитывался в зависимости от фактического влажностного состояния заполнителей.

Бетонные смеси приготавливались в гравитационных смесителях модели СБ-10 (С-302И) с загрузочной емкостью 1200 л. Уплотнение бетона при облицовке канала осуществлялось площадочным, а на насосной станции - глубинным вибраторами.

Из этих же смесей были отформованы несколько серий образцов-кубов с ребром 20 см и цилиндры диаметром и высотой 15 см. Поверхность каждой серии образцов, подобно заложенным опытным участкам, защищалась от воздействия солнечных лучей и ветра песком, опилками, матами, полиэтиленовой пленкой и грунтом (лесс, суглинок, супесь). Для более полного сравнения эффективности предохранения бетона от прямого воздействия климатического фактора последняя серия образцов в условиях сухого жаркого климата находилась без ухода.

Предел прочности на сжатие, а также водонепроницаемость контрольных образцов нормального твердения уложенного и неукладанного бетона определялись согласно ГОСТу 4800-59.

Результаты испытания образцов на прочность и водонепроницаемость при различных условиях твердения бетона приведены в таблице.



Т а б л и ц а

| Условия<br>твердения             | Вид ухода,<br>толщина ма-<br>териала ук-<br>рытия, см | Прочность на сжатие в<br>возрасте 28 сут бетона марки 150 и 200 |       |                         |       | Водонепроницае-<br>мость в возрасте<br>28 сут бетона<br>марки 150 и 200 |     |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                  |                                                       | 150                                                             |       | 200                     |       | 150                                                                     | 200 |
|                                  |                                                       | кгс/<br>см <sup>2</sup>                                         | %     | кгс/<br>см <sup>2</sup> | %     |                                                                         |     |
| Нормальное                       | согласно<br>ГОСТу<br>4800-59                          | 153                                                             | 100   | 208                     | 100   | 4                                                                       | 6   |
| Естествен-<br>ное (на<br>солнце) | без ухода                                             | 90,5                                                            | 58,5  | 114                     | 54,8  | <1                                                                      | 1   |
| "                                | песок, 4                                              | 113                                                             | 73,9  | 148                     | 71,7  | 2                                                                       | 3   |
| "                                | опилки, 4                                             | 111                                                             | 72,5  | 148                     | 71,1  | 2                                                                       | 3   |
| "                                | маты                                                  | 114,5                                                           | 74,8  | 150                     | 72,1  | 2                                                                       | 3   |
| "                                | полиэтилено-<br>вая пленка,<br>0,015                  | 108                                                             | 70,6  | 128                     | 61,6  | 1                                                                       | 2   |
| "                                | вода, 4                                               | 92,5                                                            | 60,5  | 116                     | 55,8  | <1                                                                      | <1  |
| "                                | поливка                                               | 94                                                              | 61,4  | 117                     | 56,2  | 1                                                                       | 2   |
| "                                | грунт (лесс),<br>4                                    | 158                                                             | 103,3 | 213                     | 102,4 | 4                                                                       | 7   |
| "                                | грунт (су-<br>линок), 4                               | 152                                                             | 99,4  | 210                     | 101   | 4                                                                       | 7   |
| "                                | грунт (су-<br>песь), 4                                | 147                                                             | 96,1  | 201                     | 96,6  | 4                                                                       | 6   |

- Примечания: 1. Поверхность бетона покрывалась водой сразу после укладки и уплотнения бетонной смеси.
2. Поливка осуществлялась в соответствии с требованиями ТУ и "Указаний по производству бетонных работ в жаркий и сухой периоды года", рекомендованных Госстроем УзССР в качестве нормативного документа от 11 июня 1960 г.
3. Образцы бетона, укрытые опилками, поливались в течение первых 7 суток только днем, через каждые 2 часа.

Из таблицы видно, что грунтовое укрытие улучшает качественную характеристику бетона: прочность последнего в 1,5-2 раза больше прочности бетона неукрытого или имеющего иной вид ухода (табл.); наблюдалось и повышение водонепроницаемости.



## В ы в о д ы

1. Нарушение температурно-влажностного режима твердения бетона в условиях сухого жаркого климата происходит из-за применения неэффективных материалов в качестве укрытия.
2. С уменьшением размера частиц сыпучего материала улучшаются его теплоизоляционные качества. Грунт (лесс, суглинок, супесь) является хорошим теплоизолятором.
3. Грунтовое укрытие предотвращает преждевременное испарение влаги из бетона и способствует повышению прочности и водонепроницаемости.

## Л и т е р а т у р а

1. М и р о н о в С.А., М а л и н и н а Л.А. Ускорение твердения бетонов. М., Стройиздат, 1964.
2. СНиП П-А 6-63. Строительная климатология и геофизика. М., Госстройиздат, 1963.
3. Л ы к о в А.В. Теория сушки, М., Изд-во "Энергия", 1968.
4. Д у х о в н ы й М.Л., К о е н Г.Н., К о п п В.Г.,  
О р д е л и М.А., Ю ц и с М.Л. Сушка строительной керамики, М., Стройиздат, 1967.
5. П р и е в А.М. Некоторые вопросы влияния сухого и жаркого климата на прочность монолитного бетона. Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд.техн.наук, М., 1973.



П.У.АЛИКУЛОВ  
инженер  
М.САЛИХОВА  
инженер  
М.А.НАСРИТДИНОВА  
канд.хим.наук (ТашПИ)  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)  
Д.ТАШПУЛАТОВА  
канд.техн.наук  
(ТашПИ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ УНИФИЦИРОВАННОЙ КАРБАМИДНОЙ СМОЛЫ

Цель данной работы — изучение влияния наполнителя на физико-химические свойства наполненных композиций на основе УКС, которая является продолжением проводившихся ранее исследований по использованию полимербетонов на основе этой смолы / 1, 2/.

Составляющими компонентами полимерных составов являются связующие: унифицированная карбамидная смола УКС МРТУ 1066-6-06; наполнитель — песок Алмалыкского карьера крупностью от 0,15 мм до 5 мм; отвердитель — солянокислый анилин (СКА; ГОСТ 5822-69) и водосвязующая добавка-фосфогипс. В качестве микронаполнителя использован молотый песок Алмалыкского карьера с удельной поверхностью до  $4000 \text{ г/см}^2$ . В таблице приведены различные исследуемые составы.

Для определения прочностных характеристик указанных выше составов были изготовлены образцы-кубы размерами  $7 \times 7 \times 7 \text{ см}$ . После 30-суточного хранения при комнатной температуре образцы подвергались испытанию. При этом прочность на сжатие образцов состава 1, 2, 3, соответственно, была равна 60, 600, 500 кгс/см<sup>2</sup>.

Из результатов исследований видно, что прочность образцов, включающих наполнитель, в десять раз превышает прочность образцов ненаполненного состава. Для выявления влияния наполнителей на термическую деструкцию отвержденных составов проведены исследования термической устойчивости наполненной и ненаполненной композиций методом дифференциального термического анализа (ДТА) /3/.



## Т а б л и ц а

Полимерные составы на основе смолы УКС

| Номер<br>п/п | Составляющие компоненты,<br>% от общей массы               | Номер состава |    |    |
|--------------|------------------------------------------------------------|---------------|----|----|
|              |                                                            | I             | 2  | 3  |
| 1            | Песок (молотый) из Алмалыкского карьера крупностью 0,15 мм | —             | 70 | 20 |
| 2            | То же, крупностью от 0,15 мм до 5 мм                       | —             | —  | 57 |
| 3            | Унифицированная карбамидная смола УКС                      | 98            | 22 | 17 |
| 4            | Солянокислый анилин (СКА), % от общей массы УКС            | 4             | 4  | 4  |
| 5            | Фосфогипс                                                  | —             | 27 | 35 |

Термогравиметрические данные получены на дериватографе системы Паулик. Термический анализ выполняли нагревом в токе азота при скорости подъема температуры  $18^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ . Из данных дериватограмм (рис. 1) видно, что при нагревании образца не-наполненной композиции наблюдается резко выраженный эндозэффект в области температур от  $200$  до  $300^{\circ}\text{C}$ , приводящий к потере веса до  $37,6\%$ . В то же время у образцов наполненной композиции (состав 2) проявляется значительное уменьшение эндозэффекта, который на термограмме ДТА имеет более сглаженный вид и проявляется при более высокой температуре — от  $250$  до  $350^{\circ}\text{C}$ . Потери в весе при этом снижаются до  $27,5\%$  (в расчете на долю полимера в составе наполненной композиции).

В области температур до  $400^{\circ}\text{C}$  на кривой ДТА для наполнителя алмалыкского песка (кривая 1, рис. 1) возникновения каких-либо эффектов не наблюдается, т.е. в данном температурном интервале процесс разложения минерального наполнителя не идет. Четко выраженные эндотермические эффекты на термограммах ДТА (кривая 2 и 3) в области температур  $200-350^{\circ}\text{C}$  соответствуют, по-видимому, процессу деструкции полимерного вещества при нагревании, который сопровождается поглощением тепла. Было исследовано влияние крупности заполнителя на термическую устойчивость наполняемой композиции. Крупность заполнителя колебалась от  $0,15$  до  $5$  мм.



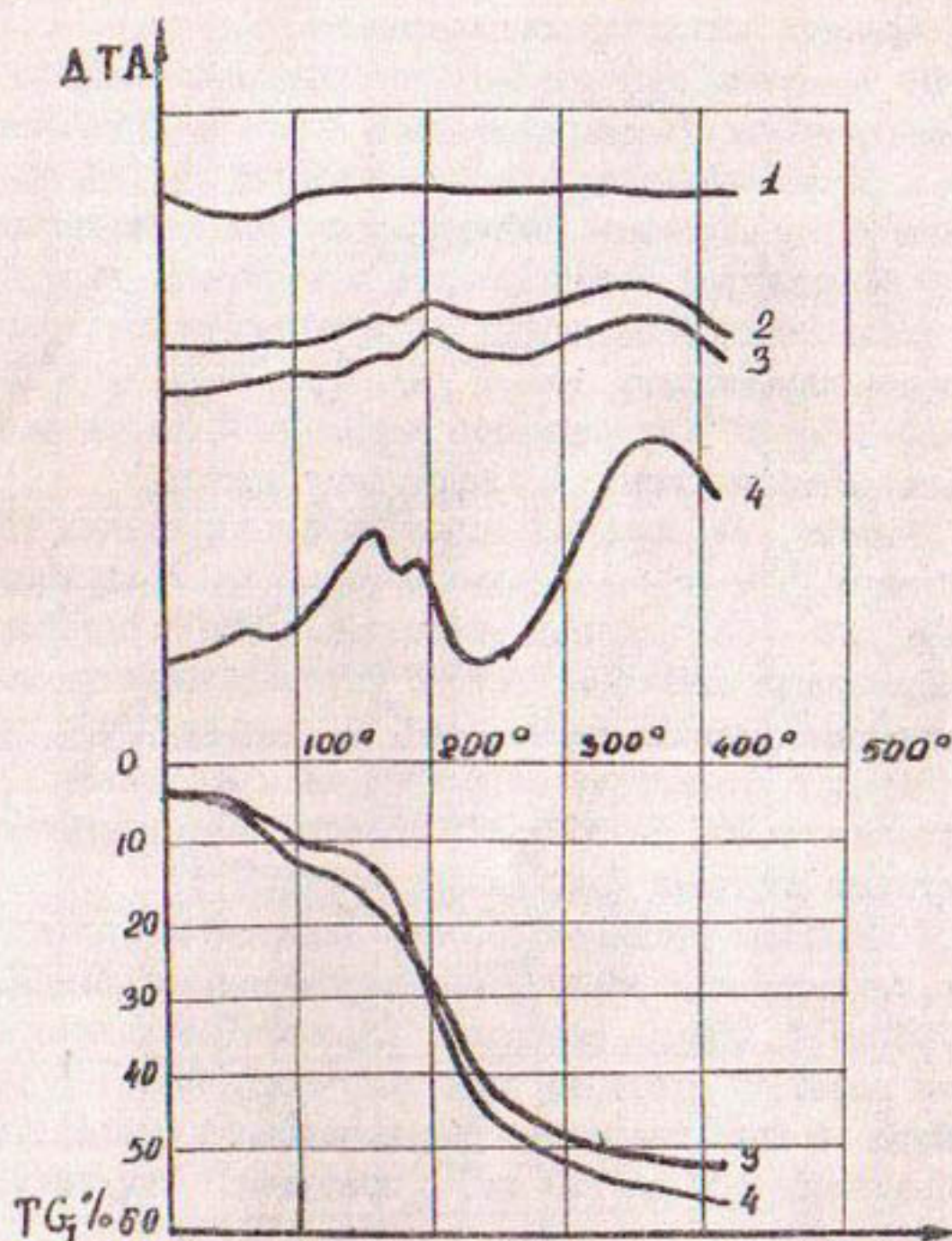


Рис. 1. Дифференциальный термический анализ наполнителя алмазосодержащего песка (1), отвержденной смолы УКС с наполнителем крупностью до 0,15 мм (2) и с наполнителем крупностью от 0,15 мм до 5 мм (3), отвержденной смолы УКС без наполнителя (4).

Из сравнения данных дериватограмм видно, что разложение наполненной композиции идет менее интенсивно и кривые потерь веса наполненной композиции переходят в область более высоких температур; они отличаются от кривых потерь веса отвержденного ненаполненного полимера на 50°C. Кроме того, при вве-



дении заполнителей, в зависимости от их крупности, эндотермические эффекты резко не изменяются.

На повышение термической устойчивости указывает то, что в наполненной композиции при одной и той же температуре потери веса в результате деструкции составляют на 26% меньше по сравнению с полимером, отвержденным без наполнителя.

В ИК-спектрах отвержденного полимера (кривая 2, рис. 2) без наполнителя наблюдаются характерные полосы поглощения, присущие карбамидным смолам [4]. Так, в области  $1020-1060\text{ см}^{-1}$  и  $1630-1660\text{ см}^{-1}$  проявляются полосы поглощения частот колебаний, характеризующие  $>\text{CO}$ -кетонную группу.

Наличие  $\text{NH}_2$  амидных групп вторичных амидов проявляется в области  $1550\text{ см}^{-1}$ . Присутствуют полосы поглощения, характерные для  $-\text{OH}$  остатков спиртовых групп в области  $1250\text{ см}^{-1}$ . При сравнении спектров чистого отвержденного полимера и наполнителя алмазского песка (рис. 2, кривая 3), а также спектра наполненной композиции полимера (рис. 2, кривая 1) видно, что в области от  $400$  до  $800\text{ см}^{-1}$  спектры наполненной композиции идентичны спектрам наполнителя песка.

В исходном полимере УКС без наполнителя отсутствуют полосы поглощения в области низких частот колебаний — от  $500$  до  $700\text{ см}^{-1}$ . При рассмотрении ИК-спектров полимера с наполнителем характер спектров несколько изменяется, в отличие от спектра чистого полимера; так появляются полосы поглощения в области от  $500$  до  $700\text{ см}^{-1}$ , присущие минеральному наполнителю.

Широкая полоса поглощения силикатов в области  $900-1100\text{ см}^{-1}$  перекрывает  $>\text{CO}$ -кетонную группу полимерного спектра и частично закрывает полосы поглощения, характерные для  $-\text{OH}$  группы. Кривая поглощения спектров ненаполненной композиции представляет собой комбинированное наложение спектров чистого полимера и минерального наполнителя. Появления новых полос поглощения в ИК-спектрах наполненной полимерной композиции, отличающихся от спектров наполнителя и чистого полимера, не наблюдается.

Исследованный материал предполагается использовать при изготовлении облицовочных плит для каналов, которые подвер-



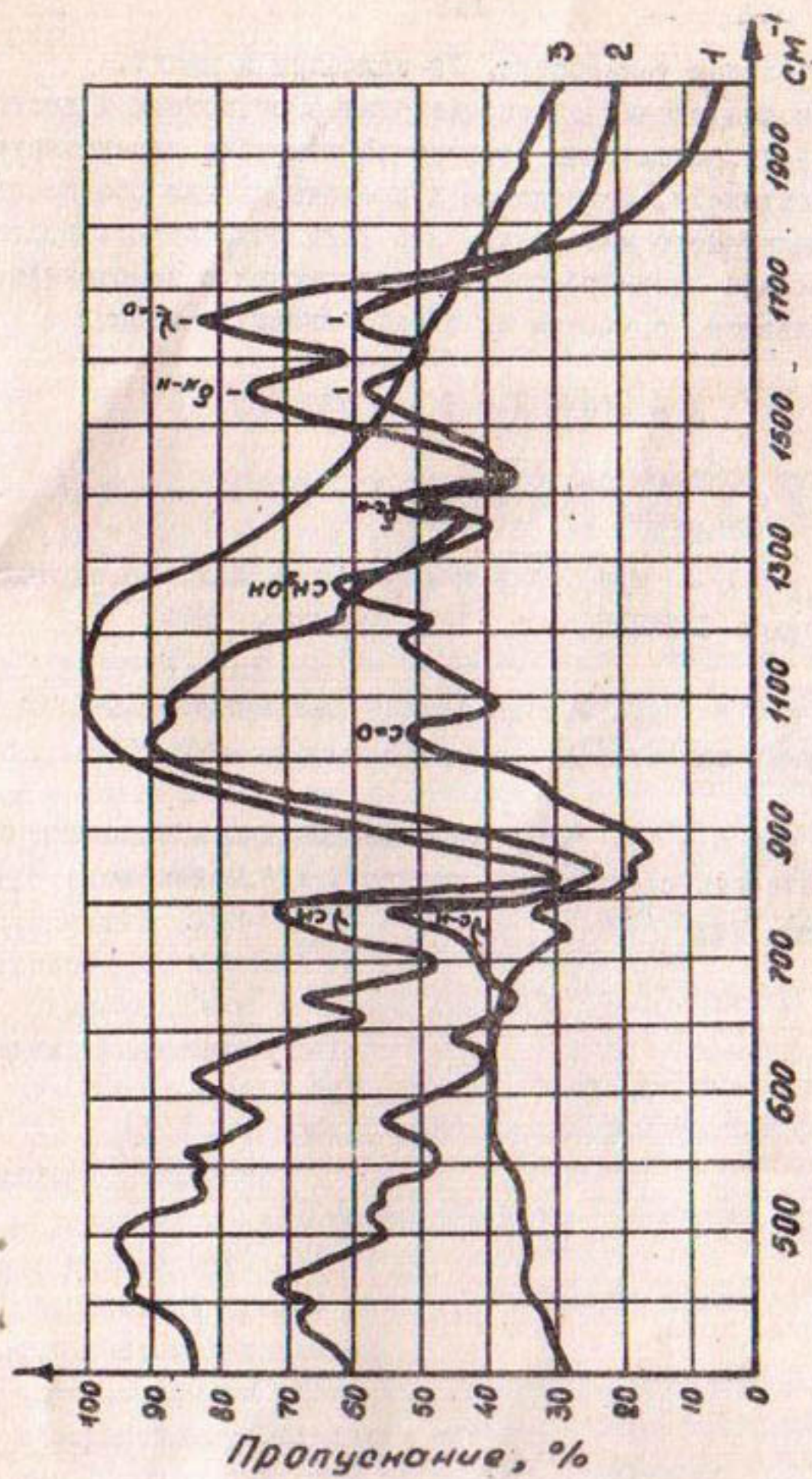


Рис. 2. ИК-спектры наполнителя алмазного песка (1), отвержденной смолы УКС (2) и отвержденной смолы УКС с наполнителем (3).



гаются воздействию температур, УФ-радиации и влаги.

Данные исследований по определению прочностных и деструкционных свойств полимерных композиций показали экранизирующее влияние наполнителя, приводящее к предотвращению процессов старения полимерного материала. Это дает возможность правильно проектировать полимербетон, используемые в водохозяйственном строительстве, с учетом их деструкционных свойств.

### Л и т е р а т у р а

1. М и р о н о в О.Г. Пластмассы, II, 1973.
2. М а х м у д о в М.М., А л и к у л о в П.У. Сб. научных трудов САНИИРИ, вып. I4I, Ташкент, 1974.
3. Г о р ш к о в В.С. Методы физико-химического анализа вязущих веществ, М., Изд. "Высшая школа", 1963.
4. Н а к а н и с и К. "Инфракрасные спектры и строение органических соединений" под ред. А.А.Мальцева, М., Изд. "Мир", 1962.



Ш.Х. РАХИМОВ  
инженер  
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

### АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА НА ПОДДЕРЖАНИЕ ПОСТОЯН- СТВА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

В районах, где расположены насосные станции, наибольшую часть электроэнергии потребляют синхронные двигатели (СД) насосных агрегатов, поэтому режим работы электрических сетей этих районов определяется режимом работы двигателей.

Для поддержания заданного режима работы СД необходимо автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) двигателя /1/. Проведенными ранее исследованиями обоснованы и рекомендованы различные законы АРВ СД насосных агрегатов /2/.

Особенностями насосных станций, работающих в условиях Средней Азии, являются:

- 1) отдаленность от источника электрической энергии;
- 2) совместная работа с сельхозпотребителями с низким коэффициентом мощности;
- 3) резкие колебания температуры окружающей среды в течение суток и поливного сезона ( $+20$ — $+60^{\circ}$ );
- 4) жесткий график работы, требующий надежной работы элементов систем управления.

Для повышения значения коэффициента мощности узлов нагрузки с сельхозпотребителями, питающая энергосистема устанавливает для СД насосных станций заданное значение коэффициента мощности. Поддержание постоянства требуемого для данного узла нагрузки значения коэффициента мощности приводит к рациональному использованию СД для компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения сети. Это, в свою очередь, приведет к существенному технико-экономическому эффекту: увеличится пропускная способность элементов линии электропередачи; улучшится качество напряжения, повысится экономичность работы электрической сети и присоединенных к ней электроприемников.



В известных устройствах автоматического поддержания коэффициента мощности СД, при изменении напряжения сети и нагрузки на валу двигателя /3/, используются в основном следующие принципы регулирования:

- 1) по усредненным величинам тока и напряжения статора;
- 2) по отклонению угла нагрузки  $\theta$ ;
- 3) в функции угла  $\varphi$  фазового сдвига вектора тока относительно вектора напряжения статора.

В связи с особенностями эксплуатации насосных станций в условиях Средней Азии при применении известных схем АРВ для регулирования возбуждения СД насосных агрегатов появляются недостатки:

1) наличие транзисторного усилителя постоянного тока, при резком изменении температуры окружающей среды, приводит к ухудшению качества регулирования;

2) сложность схемы — преобразование угла в аналоговый регулирующий параметр и последующее преобразование в импульсы управления тиристорами — приводит к снижению надежности схемы в целом.

Критерием выбора оптимального варианта схемы установки АРВ служит условие минимума расчетных затрат. Поэтому ставилась цель — разработать достаточно простое и негромоздкое устройство АРВ, позволяющее при плавном изменении нагрузки на валу двигателя и напряжения сети поддерживать заданное значение коэффициента мощности СД. Схемы разработанных нами устройств АРВ на поддержание заданного значения коэффициента мощности СД насосного агрегата представлены на рис. 1 (а — вариант 1; б — вариант 2).

В качестве систем возбуждения СД насосных агрегатов в основном применяются системы с электромашиными возбудителями постоянного тока, для которых целесообразно, с точки зрения величины управляемой мощности, регулировать ток возбуждения СД изменением величины тока в обмотке возбуждения возбудителя.

Установка АРВ включает в себя следующие узлы и элементы (вариант 1).

1. Импульсообразующий узел, состоящий из трансформаторов тока  $ТТ_2$ ,  $ТТ_3$ , диодов  $Д_3$ ,  $Д_4$  и регулируемого сопротивления  $R_T$ ;



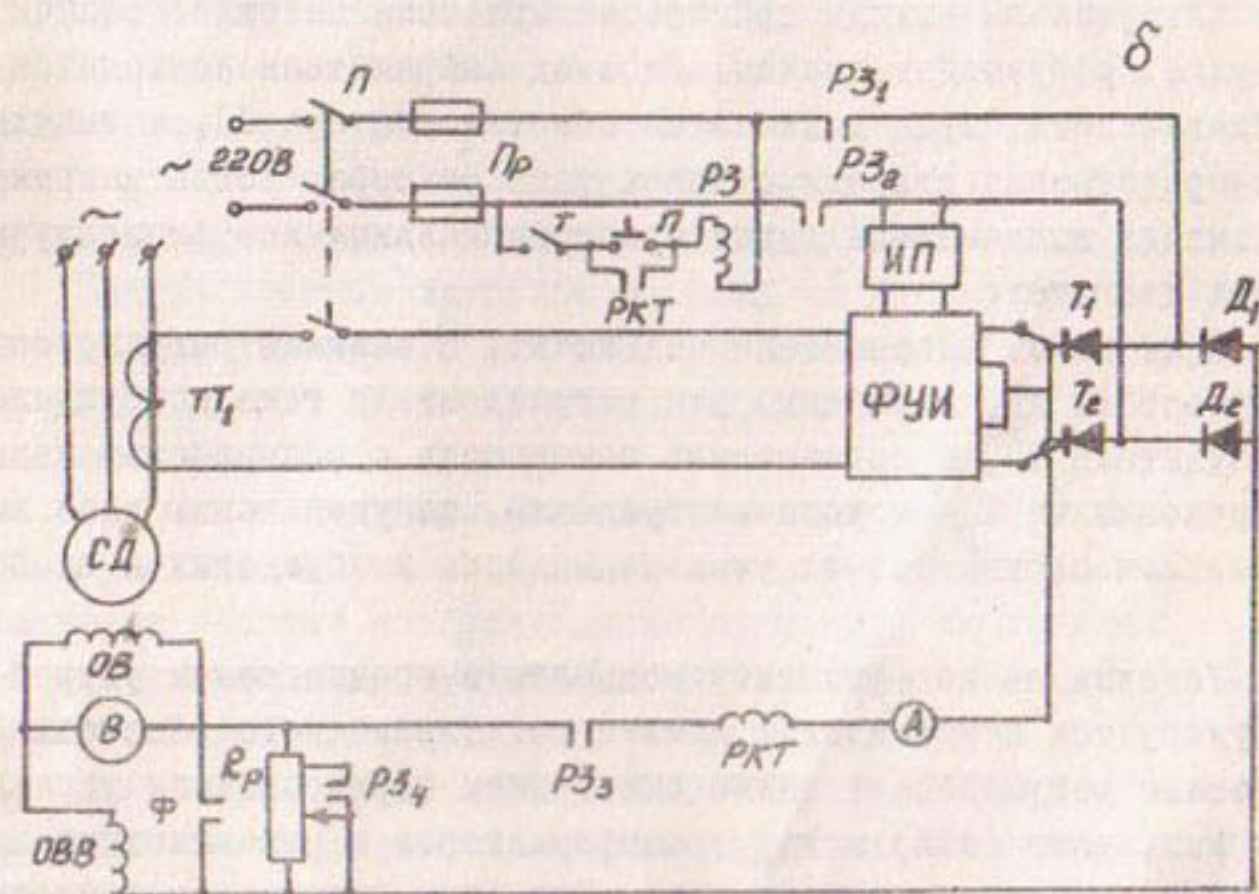
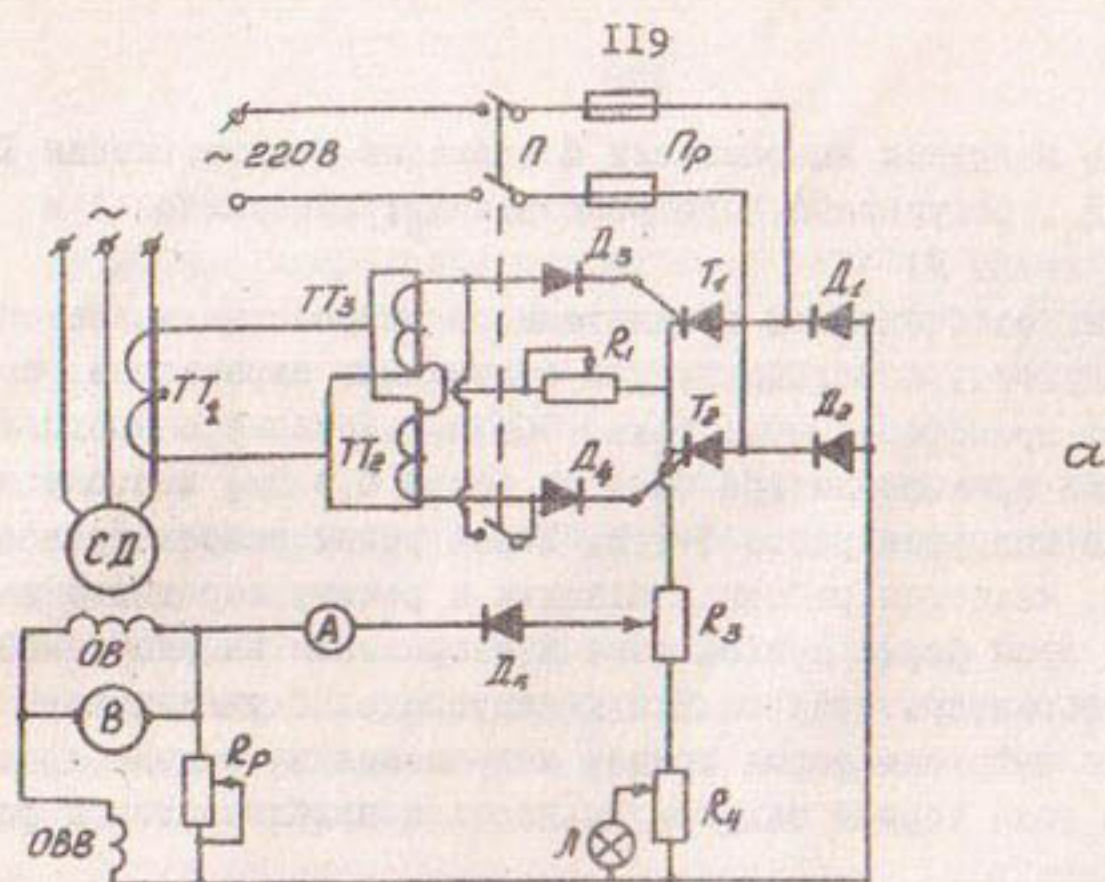


Рис. 1. Схемы автоматического регулятора возбуждения синхронного двигателя насосного агрегата на поддержание постоянства коэффициента мощности: а - вариант 1, б - вариант 2.

2. Полууправляемый однофазный мостовой выпрямитель, состоящий из тиристоров  $T_1, T_2$ , диодов  $D_1, D_2$ , предохранителей  $\Pi p$  и пакетного переключателя  $\Pi$ ;



3. Цепь нагрузки выпрямителя состоит из сопротивления  $R_3$ ,  $R_4$ , диода  $D_5$ , регулировочного реостата  $R_p$ , амперметра  $A$  и сигнальной лампы  $L$ .

Одной из особенностей предлагаемого устройства является то, что импульсы, необходимые для открывания тиристоров, получаются от трансформаторов тока. Обычно значение сопротивления нагрузки трансформатора тока не более 0,4 Ом, поэтому напряжение на нагрузке равно 1–2 В. Такой режим работы трансформатора тока является рабочим, близким к режиму короткого замыкания. При этом форма кривой тока и напряжения во вторичной цепи трансформатора тока близка к синусоиде. С увеличением сопротивления нагрузки форма кривой напряжения на выходе трансформатора тока теряет синусоидальность и приближается к форме импульса.

Для открывания тиристоров требуется импульс с амплитудой 8 В при токе нагрузки до 400 ма. Подбором значения сопротивления нагрузки на выходе трансформатора тока нетрудно получить импульс требуемой величины. На вход выпрямителя подводится напряжение сети, куда включаются обмотки статора СД, а импульсы непосредственно связаны с током фазы статора. Тогда напряжение на выходе выпрямителя будет пропорциональным коэффициенту мощности двигателя.

Если выход выпрямителя подключить к зажимам регулировочного реостата  $R_p$ , служащего для регулирования тока возбуждения возбудителя СД, и согласовать полярность с полярностью падения напряжения на  $R_p$  от тока возбуждения, то увеличению тока выпрямителя соответствует уменьшение тока возбуждения и наоборот.

Уставка по коэффициенту мощности в предлагаемом устройстве регулируется перемещением движка регулировочного реостата  $R_p$ . Ее можно регулировать также включением формирователя управляющих импульсов (ФУИ) между трансформатором и управляющими электродами тиристоров выпрямителя. При этом повышаются точность и плавность регулирования уставки коэффициента мощности.

Второй вариант схемы устройства АРВ, в отличие от первого, включает в себя:

1) ФУИ;



- 2) источник питания (ИП);
- 3) пуско-защитную аппаратуру.

Выходное напряжение выпрямителя зависит от момента подачи импульсов управления относительно напряжения. Если момент подачи импульсов управления зависит от начала полупериода синусоидального сигнала, которое, в свою очередь, зависит от фазного угла фазного тока, то величина выходного напряжения зависит от фазного угла фазного тока при постоянной амплитуде напряжения сети.

При изменении нагрузки на валу СД фаза тока относительно напряжения будет меняться. При этом импульс на входе ФУИ также будет изменяться по фазе относительно фазы входного напряжения выпрямителя.

С увеличением нагрузки на валу СД, соответственно, уменьшается выпрямленное напряжение выпрямителя. Это приводит к уменьшению падения напряжения на регулировочном реостате и к увеличению тока возбуждения возбудителя. Известно, что увеличение тока возбуждения возбудителя соответствует повышению напряжения якоря возбудителя, который, в свою очередь, приводит к увеличению тока возбуждения СД; тем самым поддерживается заданное значение коэффициента мощности.

При уменьшении нагрузки на валу СД выпрямленное напряжение выпрямителя растет, и это в итоге приводит к тому, что ток возбуждения СД уменьшается и поддерживается заданное значение коэффициента мощности.

При снижении напряжения сети выходное напряжение выпрямителя уменьшается, что приводит к увеличению разности напряжения на обмотке возбуждения возбудителя, следовательно, к увеличению тока возбуждения и восстановлению заданного коэффициента мощности СД.

Благодаря такой отрицательной обратной связи обеспечивается автоматическое поддержание заданного коэффициента мощности СД.

В предлагаемой схеме устройства автоматического поддержания заданного коэффициента мощности исключаются элементы преобразования импульсов управления в аналоговый сигнал управления, а следовательно, и усилитель постоянного тока,



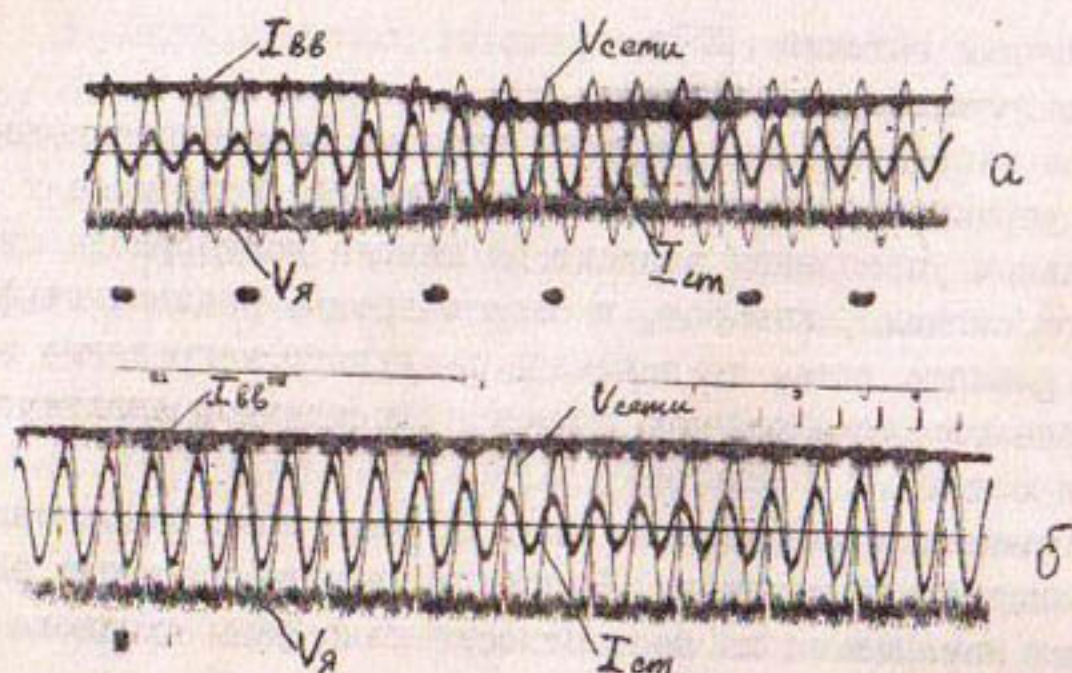


Рис. 2. Осциллограмма кривых изменения тока статора СД ( $I_{ст}$ ), напряжения сети ( $V_c$ ), напряжения якоря возбуждателя ( $V_{я}$ ) и тока возбуждения возбуждателя ( $I_{вв}$ ) при изменении нагрузки на валу СД: а — с установкой АРВ; б — без нее.

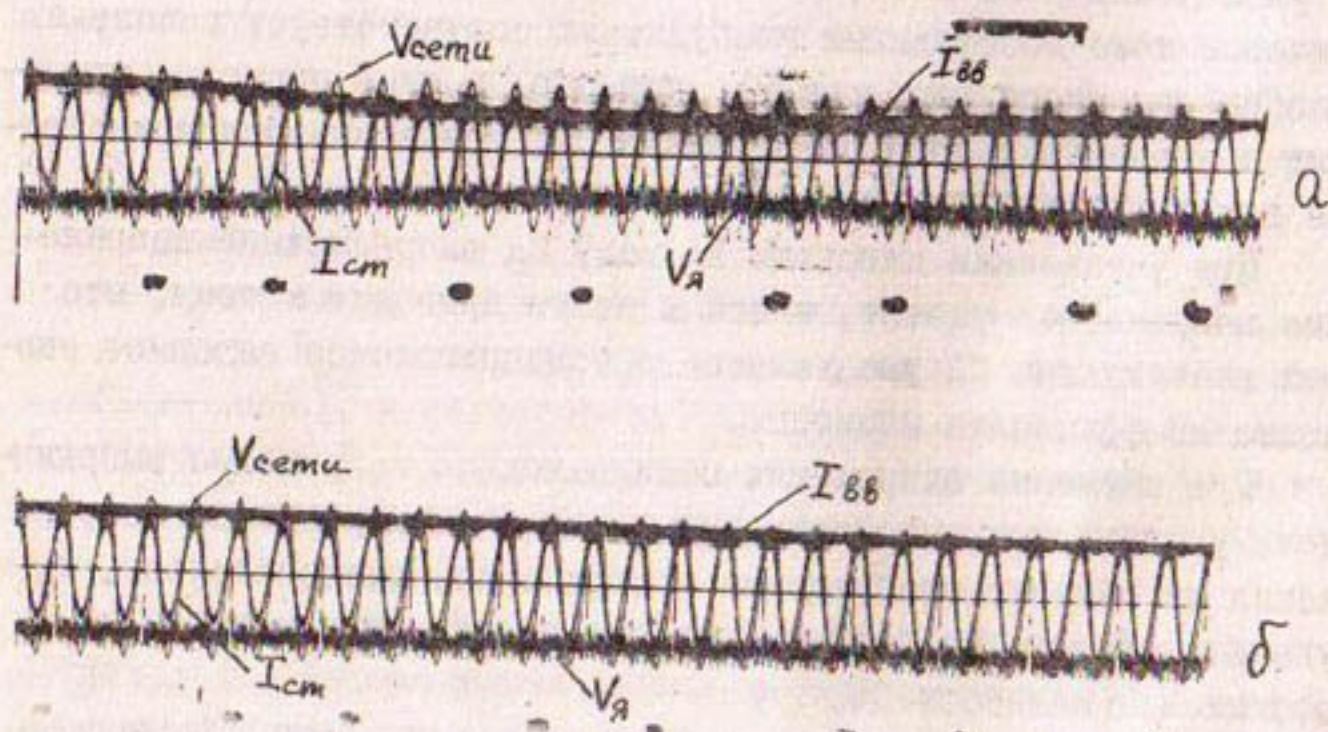


Рис. 3. Осциллограмма кривых изменения тока статора СД ( $I_{ст}$ ), напряжения сети ( $V_c$ ), напряжения якоря возбуждателя ( $V_{я}$ ) и тока возбуждения возбуждателя двигателя ( $I_{вв}$ ) при изменении напряжения сети: а — с установкой АРВ; б — без нее.



наличие которого снижает надежность устройств, работающих в условиях жаркого лета Средней Азии.

С целью определения работоспособности разработанной установки АРВ были проведены экспериментальные исследования в лабораторных и натурных условиях. Были осциллографированы кривые изменения тока статора СД, напряжения сети, напряжения якоря возбудителя и тока возбуждения возбудителя двигателя при изменении нагрузки на валу СД с установкой АРВ (рис. 2а) и без нее (рис. 2б); при изменении напряжения сети — с установкой АРВ (рис. 3а) и без нее (рис. 3б). Из осциллограмм видно, что при изменении нагрузки на валу СД и напряжения сети при наличии установки АРВ заданное значение фазы между фазным током и напряжением сети поддерживается неизменным — с точностью  $\pm 0,5\%$ .

Без установки АРВ заданное значение фазы между фазным током и напряжением сети изменяется. Разница между заданным и полученным значениями коэффициента мощности составляет около 8%.

Разработанная нами установка АРВ внедрена на насосных станциях Управления Амударьинским машинным каналом "Алат", "Каракуль", "Куммазар", "Хамза-1", а также на насосной станции "Шерабад" Шерабадского машинного канала. Расчетный экономический эффект от внедрения устройства АРВ составляет 125 тыс.рублей в год. Фактический экономический эффект от внедрения установки АРВ на насосной станции "Шерабад" в 1975 г. составил 25 тыс.рублей.

Продолжительная опытно-промышленная эксплуатация установки АРВ на насосных станциях в условиях жаркого лета Средней Азии показала их полную работоспособность, что дает возможность рекомендовать разработанную установку АРВ для СД насосных агрегатов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Х у с а н о в М.А., Р а х и м о в Ш.Х. Выбор режимов работы синхронных двигателей насосных станций. Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов водного хозяйства, Ташкент, 1974.



2. Х у с а н о в М.А., Р а х и м о в Ш.Х. Энергопоказатели насосных станций. "Сельское хозяйство Узбекистана", № 8, 1975.
3. Х у с а н о в М.А., Р а х и м о в Ш.Х. Системы автоматического регулирования возбуждения синхронных двигателей насосных станций. Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов водного хозяйства, Ташкент, 1976.



## РЕФЕРАТЫ

к Сборнику научных трудов, выпуск I49  
(Новая техника в эксплуатации оросительных  
систем Средней Азии и Казахстана)

УДК 626.1.519

К ВОПРОСУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ЛОТКОВ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛИВА

Н.Т. Лактаев

Сб. научных трудов, вып. I49, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Приводится классификация возможных схем лотков по их гидравлическим режимам. Уточняется методика гидравлического расчета. Предположения автора сводятся к учету изменения коэффициента Шези вдоль потока, на основании эмпирического соотношения между числом Рейнольдса и коэффициентом сопротивления. Сделанные выводы имеют практическое значение для внедрения автоматизированного полива с помощью лотков.

Иллюстр. 3. Библи. 3

УДК 626.8

О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ РАБОТЫ ДАЛЬНОСТРУЙНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ  
МАШИН ФРОНТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ И МЕТОДИКЕ ПОСТРОЕНИЯ ИХ РАБО-  
ЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В.К. Севрюгин

Сборник научных трудов, вып. I49, Ташкент, САНИИРИ, 1976

В статье выполнен анализ технологических схем полива машинами фронтального действия, дана методика построения их рабочих характеристик и описаны условия сравнения различных схем.

Иллюстр. 3. Табл. 2. Библи. 6



УДК 626.8

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
С ПОВЕРХНОСТНЫМ ПОЛИВОМ

Г.А. Безбородов

Сб. научных трудов, вып. 149, Ташкент, САНИИРИ, 1976

В статье даны рекомендации по технико-экономическому расчету трубопроводов водораспределительных систем с поверхностным поливом. В основу расчета положен метод "пределных расходов". Предлагается учитывать различное время работы трубопроводов разного ранга и неравномерность расходования электроэнергии. Проведенные полевые исследования позволили установить величину коэффициента неравномерности в размере 0,46. Иллюстр. Табл. 2.

УДК 626.364

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ГИДРАВЛИКИ  
СЕТИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ

Б.А. Келесбаев

Сб. научных трудов, вып. 149, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Приведены результаты лабораторно-полевых экспериментальных исследований гидравлики сети внутрипочвенного орошения. Определены некоторые опытные параметры, используемые при гидравлическом расчете сети внутрипочвенного орошения. Иллюстр. 7. Библи. 7.

УДК 626.8

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПУСКОВОГО ПЕРИОДА ДЛЯ ВВОДИМЫХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ  
ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

А.В. Бочарин

Сб. научных трудов, вып. 149, Ташкент, САНИИРИ, 1976

На основе теоретического решения задач неустановившейся фильтрации из каналов и неравномерного движения воды в них получены зависимости по определению гидравлических элементов каналов в пусковой период. Это позволяет установить длитель-



ность последнего, величину размывающих скоростей и их дислокацию. Проверка результатов решений на одном из построенных каналов и показала удовлетворительное совпадение.

Иллюстр. I.

УДК 626.824

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНОГО БАЛАНСА НА УЧАСТКЕ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

Г.А. Становов, В.Г. Лунев

Сб. научных трудов, вып. I49, Ташкент, САНИИРИ, 1976

В статье дана характеристика водно-физических свойств почв зоны аэрации, показаны динамика влажности почво-грунтов, а также режим уровня грунтовых вод в зависимости от водоподачи, изменение запасов влаги в балансовом слое в вегетационный период.

Приводятся данные, позволяющие оценить водный баланс, формирующийся под влиянием внутрипочвенного орошения. В результате решения уравнений водного баланса получены значения суммарного испарения на разные балансовые периоды и установлена доля участия грунтовых вод в эвапотранспирации.

Иллюстр. 4. Таблица.

УДК 626.824

# ПОГРЕШНОСТЬ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИМИ ПОСТАМИ КАНАЛОВ

М.П. Сальников

Сб. научных трудов, вып. I49, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Работа посвящена анализу погрешностей телеизмерения расходов воды гидрометрическими постами каналов. Применен закон сложения средних квадратических погрешностей измерения. Получено выражение для определения общей средней квадратической погрешности телеизмерения расходов воды ГМП канала:

$$\bar{G} = \pm \sqrt{G_1^2 + G_2^2 + \frac{10^{-4}}{4} \left[ \left( \frac{dQ}{dH} \cdot \delta_1 \cdot H_{max} \right)^2 + \delta_2^2 \cdot Q_{max}^2 \right]},$$

где  $G_1$  - средняя квадратическая погрешность расхода воды при градуировке ГМП;  
 $G_2$  - то же, математической обработки результатов измерений при градуировке ГМП;



- $\delta_1$  и  $\delta_2$  - класс точности системы телеизмерения и преобразователя уровня в расход воды;  
 $H_{\text{max}}$  - верхний предел телеизмерения уровня воды;  
 $Q_{\text{max}}$  - верхний предел преобразователя высоты уровня в расход воды.

Табл. I.

УДК 626.821.32

# К ВОПРОСУ ПРЕДПРОЕКТНОЙ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

А.Н. Спесивцев, А.С. Старковский, Ю.И. Богуславский  
 Сб. научных трудов, вып. I49, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Предлагается метод моделирования информационной взаимосвязи задач АСУ, отвечающий основным требованиям системного подхода и позволяющий произвести количественную оценку циркулирующей в ИСОД информации; рекомендуется метод построения модели структуры информационных потоков АСУ водохозяйственными объектами.

Иллюстр. 2. Табл. I.

УДК 621.013

# ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОКАНАЛА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Л.М. Ярошецкий, В.А. Бугаев

Сб. научных трудов, вып. I49, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Управление объектами современных мелиоративных систем становится невозможным без применения средств телемеханики.

В условиях расположения объектов на орошаемой территории сооружение проводных линий связи для передачи информации является процессом сложным и затрудняет телемеханизацию.

Исследования разработанной САНИИРИ системы радиотелемеханики показали перспективность применения радиоканала для передачи информации.

Иллюстр. I. Библи. 2.



УДК 631.347

СТРУЙНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ МАЛЫХ РАСХОДОВ  
ЖИДКОСТИ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ

А.А.Азимов

Сб.научных трудов, вып. 149, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Рассмотрены конструктивное решение и принцип действия струйного преобразователя расхода, обладающего частотным выходным сигналом.

Получена математическая модель преобразователя, характеризующая его статические свойства. Проанализирована зависимость чувствительности преобразования от величины измеряемого расхода.

Иллюстр. 2. Библ. 1.

УДК 626.1.519

ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОДОРЕГУЛИРОВАНИЯ С  
ПЕРЕТЕКАЮЩИМИ ОБЪЕМАМИ НА АМУБУХАРСКОМ МАШИННОМ КАНАЛЕ

Ю.И. Бобров, Е.Б. Коган, Е.Я. Сотник

Сб.научных трудов, вып. 149, Ташкент, САНИИРИ, 1976

В статье дается описание системы регулирования по схеме с перетекающими объемами для Амубухарского машинного канала.

Приводятся результаты численного эксперимента на ЭЦВМ (по программе расчета неустановившегося движения воды) при типовом участке канала.

Иллюстр. Библ. 3.

УДК 626.8.0025

АКТИВАЦИЯ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕЙ ФУРАНОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ

Л.М.Глаголева, К.С. Расулов

Сб.научных трудов, вып. 149, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Увеличение плотности, водостойкости и адгезии связующего к наполнителю в полимерных композициях на фурфуролевой основе осуществляется модификацией поверхности микро-



наполнителя путем совместного помола с реакционно способным к связующему веществам.

В результате модификации получены полимерные композиции с повышенной плотностью, водостойкостью и удобоукладываемостью.

Петрографические исследования показали наличие адсорбции этих веществ на поверхности минерального наполнителя.  
Табл. I. Библ. 5.

УДК 626.8.002.5

# РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ СМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРА Э-652Б - ДРАГЛАЙН БОКОВОГО КОПАНИЯ

Д.Б. Курбанов

Сб. научных трудов, вып. I49, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Приведены результаты производственных испытаний экскаватора Э-652Б - драглайн бокового копания, технико-экономические показатели и дано описание модернизированных узлов в конструкции экскаватора в процессе испытаний рабочего оборудования.

Иллюстр. 3. Табл. 3.

УДК 626: 631.3

# ИСПЫТАНИЕ КОСИЛКИ ККД-1,5 НА КАНАЛАХ ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Я. Юсупбеков, В.С. Бондаревский

Сб. научных трудов, вып. I49, Ташкент, САНИИРИ, 1976.

Приведены результаты испытаний косилки ККД-1,5 на коллекторно-дренажных каналах Ташкентской области и основные ее характеристики.

Описана технологическая схема окашивания каналов и приводятся экономические показатели работы косилки. Даны рекомендации по дальнейшему усовершенствованию конструкции.

Табл. I. Библ. 5.



УДК 626.844

КРАТКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ В СОВХОЗЕ им. ВОРОШИЛОВА  
ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

В.М. Легостаев, В.Г. Лунев, Я.П. Хондроянис,  
Э.Е. Узенбаев, В.С. Кирпичников

Сб. научных трудов, вып. 149, Ташкент, САНИИРИ, 1976

Исследования внутрипочвенного орошения (ВПО), проведенные с различными конструкциями увлажнительной сети, позволили сделать вывод об экономической эффективности и целесообразности развития систем ВПО в условиях Голодной степи. Наиболее перспективным следует считать конструкцию с длиной увлажнителей 100 м и диаметром 20 мм.

Иллюстр. 3. Табл. 3.

УДК 666.961

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТВЕРДЕНИЯ  
БЕТОНА В УСЛОВИЯХ БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.Н. Наралиев, А.В. Михайлин, В.Я. Дрыга

Сб. научных трудов, вып. 149, Ташкент, САНИИРИ, 1976

В статье рассматриваются вопросы нарушения температурно-влажностного режима твердения и ухудшения качества бетона, укрытого существующими методами.

Рекомендован в качестве эффективного материала для укрытия свежесушеного бетона в осваиваемых зонах пустынь и полупустынь тонкодисперсный грунт (лесс, суглинок, супесь).

Табл. 1. Библ. 5.



УДК 691.327.004. 67: 691.175

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ  
НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ УНИФИЦИРОВАН-  
НОЙ КАРБАМИДНОЙ СМОЛЫ (УКС)

П.У.Аликулов, М.А.Салихова, М.А.Насритдинова, Д.Ташпулатова  
Сборник научных трудов, вып. 149, Ташкент, САННИРИ, 1976

В статье приводятся составы наполненных и ненаполненных полимерных композиций на основе УКС, их прочностные характеристики и результаты исследований по изучению деструкционных свойств методом дифференциального термического анализа (ДТА). Определены эффекты разложения и потери веса при нагревании. ИК-спектроскопией выявлен механизм взаимодействия полимера и минерального наполнителя, показывающий экранирующее влияние наполнителя на свойства связующего унифицированной карбамидной смолы.

Иллюстр. 2, Табл. 1, Библиогр. 4.

УДК 626. 1.519

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО  
ДВИГАТЕЛЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА НА ПОДДЕРЖАНИЕ ПОСТОЯН-  
СТВА КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Ш.Х. РАХИМОВ

Сб. научных трудов, вып. 149, Ташкент, САННИРИ, 1976

Исследован автоматический регулятор возбуждения (АРВ) синхронного двигателя насосного агрегата на поддержание постоянства коэффициента мощности двигателя при изменении нагрузки на валу и напряжения сети.

Приводятся результаты экспериментальных исследований в лабораторных и натурных условиях, которые подтверждают полную работоспособность и высокую точность поддержания заданного коэффициента мощности разработанной установки АРВ.

Иллюстр. 3, Библиогр. 3.



## С о д е р ж а н и е

|                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Н.Т.Л а к т а е в . К вопросу гидравлического расчета<br>локтов автоматизированного полива . . . . .                                                                                                        | 3  |
| В.К.С е в р ю г и н . О технологических схемах работы дальне-<br>струйных дождевальных машин фронтального действия и<br>методике построения их рабочих характеристик . . . . .                              | 12 |
| Г.А. Б е з б о р о д о в . Техничко-экономический расчет<br>водораспределительной системы с поверхностным<br>поливом . . . . .                                                                              | 22 |
| Б.А. К е д е с б а е в . Некоторые результаты экспери-<br>ментального изучения гидравлики сети внутри-<br>почвенного орошения . . . . .                                                                     | 30 |
| А.В. Б о ч а р и н . Расчет элементов пускового периода<br>для вводимых в эксплуатацию оросительных кана-<br>лов . . . . .                                                                                  | 39 |
| Г.А.С т а н о в о в , В.Г. Л у н е в . Результаты изучения<br>водного баланса на участке внутрипочвенного<br>орошения в Голодной степи . . . . .                                                            | 45 |
| М.П. С а л ь н и к о в . Погрешность телеизмерения расхо-<br>дов воды гидрометрическими постами каналов . . .                                                                                               | 55 |
| А.Н. С п е с и в ц е в , А.С. С т а р к о в с к и й ,<br>Ю.И. Б о г у с л а в с к и й . К вопросу пред-<br>проектной разработки информационного обеспе-<br>чения АСУ водохозяйственными объектами . . . . . | 60 |
| Л.М.Я р о ш е ц к и й , В.А.Б у г а е в . Применение ра-<br>диоканала для передачи информации в мелиоратив-<br>ных системах . . . . .                                                                       | 67 |
| А.А.А з и м о в . Струйный измерительный преобразователь<br>малых расходов жидкости с частотным выходом . . .                                                                                               | 70 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ю.И. Б о б р о в , Е.Б. К о г а н , Е.Я. С о т н и к .<br>Применение схемы автоматического водорегулиро-<br>вания с перетекающими объемами на Амубухарском<br>машинном канале . . . . .                                                                                    | 75  |
| Л.М. Г л а г о л е в а , К.С. Р а с у л е в . Активация<br>микронаполнителей фурановых полимерных компо-<br>зиций . . . . .                                                                                                                                                | 80  |
| Д.Б. К у р б а н о в . Результаты производственных испыта-<br>ний сменного оборудования экскаватора Э-652Б -<br>драглайн бокового копания . . . . .                                                                                                                        | 85  |
| М.Я. Н о с у п б е к о в , В.С. Б о н д а р е в с к и й .<br>Испытание косилки ККД-1,5 на каналах Ташкент-<br>ской области . . . . .                                                                                                                                       | 92  |
| В.М. Л е г о с т а е в , В.Г. Л у н е в , Я.П. Х о н д р о -<br>я н и с , Э.Е. У з е н б а е в , В.С. К и р п и ч -<br>н и к о в . Краткие результаты опытно-производ-<br>ственных исследований внутрипочвенного орошения<br>в совхозе им. Ворошилова Голодной степи . . . | 97  |
| Т.Н. Н а р а л и е в , А.В. М и х а й л и н , В.Я. Д р ы -<br>г а . Исследование температурно-влажностного<br>режима твердения бетона в условиях Бухарской<br>области . . . . .                                                                                            | 106 |
| П.У. А л и к у л о в , М.А. С а л и х о в а , М.А. Н а с р и т д и -<br>н о в а , Д. Т а ш п у л а т о в а . Исследование<br>влияния минерального наполнителя на свойства ком-<br>позиции на основе унифицированной карбамидной<br>смола (УКС) . . . . .                   | 111 |
| Ш.Х. Р а х и м о в . Автоматическое регулирование возбужде-<br>ния синхронного двигателя насосного агрегата на<br>поддержание постоянства коэффициента мощности .<br>Рефераты в Сборнику научных трудов, выпуск 149.....                                                   | 117 |



Редакторы Д.Х.Володина, А.Ш. Меркина  
Т.М.Шапошникова

Корректор Р.П.Яхьяева

Р-05719. Подписано в печать 28/УП-76г. Формат бумаги 45х60 1/8  
печ.л. 17. Заказ № 41064. Тираж 500 экз. Цена 60 коп.

---

Картфабрика ин-та "Узгипрозем"Ташкент, Муками, 176