

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК 631.347:626.82

**РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В КАНАЛАХ
С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ВОДОПОДАЧИ
TRANSIENT IN CHANNELS WITH AUTOMATIC WATER SUPPLY
REGULATION CALCULATION**

А.А. Пахомов, кандидат технических наук
Н.А. Колобанова, кандидат технических наук
В.Ф. Скворцов, аспирант

ФГОУ ВПО Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия

A.A. Pakhomov, N.A. Kolobanova, V.F. Skvortsov
Volgograd state agricultural academy

В статье излагается методика расчета переходных процессов в открытых каналах оросительных систем при каскадном регулировании водоподдачи с использованием уравнений установившегося и неустойчившегося режима движения воды.

The transient in open channels of irrigation systems calculation methodology at water supply cascade control with the use of water motion steady-state and non-steady-state regime equation is given in the article.

Ключевые слова: оросительные системы, каскадное регулирование, резервная емкость, водоподдача, регулятор.

Key words: irrigation systems, cascade control, idle capacity, water supply, regulator.

Расчет и проектирование систем автоматического каскадного регулирования связаны с необходимостью решения нестационарных задач движения воды в открытых каналах (волновая передача расхода и ее затухание, изменение инерционности процесса вдоль каналов, наличие запаздывания во времени и т.д.) [3].

Рассмотрим оросительную сеть, представленную открытыми каналами от головного водозабора до водопотребителя стационарного (насосная станция) или передвижного (дождевальная машина).

Режим работы в бьефах каналов характеризуется следующим образом:

если $(g^* \omega / B)^{1/2} < V (Fr < 1)$ – спокойное состояние потока и волна распространяется как в прямом, так и в обратном направлениях;

если $(g^* \omega / B)^{1/2} < V (Fr = 1)$ – обратная волна останавливается и образует гидравлический прыжок («стоячая волна»), наблюдается при $h = h_{кр}$;

если $(g^* \omega / B)^{1/2} < V (Fr > 1)$ – бурное состояние потока, обратную волну сносит вниз по течению.

Каскадная схема с обратной гидравлической связью может быть реализована только при выполнении условия 1.

Для расчета переходных процессов в каналах межхозяйственной сети представим расчетную схему следующим образом:

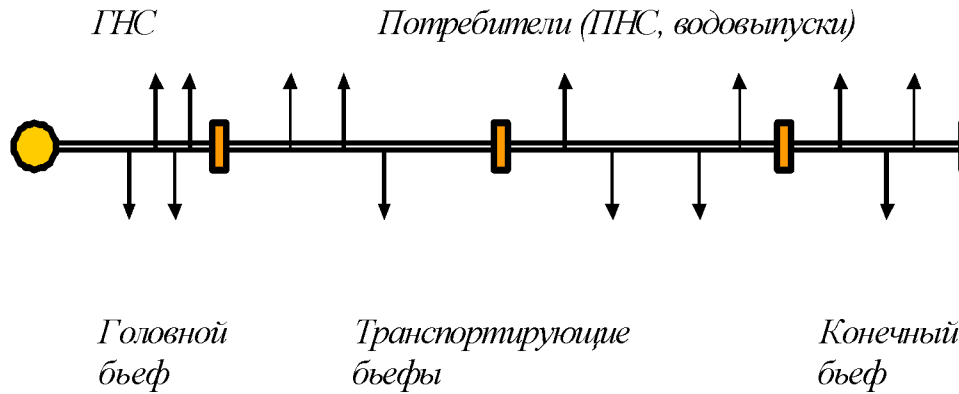


Рисунок 1 – Типовая схема межхозяйственной сети оросительной системы

Каналы межхозяйственной сети изначально должны иметь резервные емкости. Резервирование воды в емкостях каналов осуществляется в два этапа: при снижении водопотребления происходит накопление снизу вверх за счет действий регуляторов стабилизации уровней нижнего бьефа и сверху вниз при включении защиты этих регуляторов от переполнения верхнего бьефа.

При избытке воды в старшем канале накопление резервных объемов происходит в один этап – сверху вниз при работе защиты от переполнения.

Рассмотрим принципиальную схему работы бьефа межхозяйственной сети при регулировании по нижнему бьефу (рис. 2).

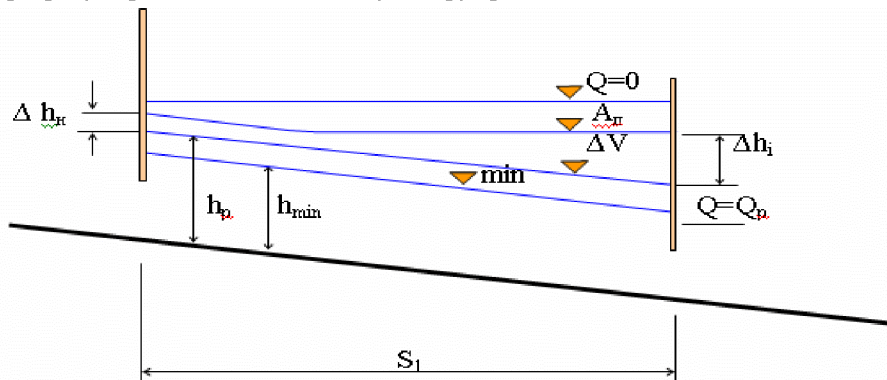


Рисунок 2 – Расчетная схема для определения объема резервной емкости

Вспользуемся методикой, применяемой в практических расчетах для определения волнового возмущения в расчетном бьефе и объема резервной (регулирующей) емкости [1, 2].

Величина волнового возмущения для расчетного бьефа может быть определена несколькими способами.

Обычно на стадии проектирования применяется один из трех способов расчета (А, Б, В).

А) Величина волнового возмущения для расчетного бьефа (независимо от типа бьефа) равна:

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА

$$\Delta Q = \sum \Delta Q_{pi}, \quad (1)$$

где ΔQ – расчетное волновое возмущение в рассматриваемом бьефе; i – порядковый номер расчетного бьефа; ΔQ_{pi} – волновое возмущение в i -м бьефе.

В этом варианте расчета все волновые возмущения суммируются по мере продвижения от тупикового к головному бьефу и резервные емкости получают с большими запасами.

Б) Величина волнового возмущения для расчетного бьефа определяется в зависимости от состава потребителей и типа бьефа:

$$\Delta Q = \sum [(1 - K_i) \Delta Q_{pi}], \quad (2)$$

где K_i – коэффициент ответственности, который принимается в зависимости от состава потребителей, скорости их включения в работу и возможности кратковременного перерыва в потреблении. В практических расчетах принимают:

- $K_i = 0,8 \div 0,9$ – если потребители-водовыпуски рассредоточены по длине бьефа, что допускает кратковременный перерыв водоподачи;
- $K_i = 0,7 \div 0,8$ – если потребители рассредоточены по длине бьефа и допускают кратковременный перерыв водоподачи, а в непосредственной близости от начального створа имеются потребители-насосные станции;
- $K_i = 0,5 \div 0,7$ – если потребители рассредоточены по длине бьефа и допускают кратковременный перерыв водоподачи, а потребители-насосные станции размещены в удаленных створах бьефа;
- $K_i = 0,05 \div 0,5$ – если потребители представлены только насосными станциями, размещенными большей частью в удаленных створах бьефа.

В этом варианте расчета размеры резервных емкостей будут значительно меньше, чем при расчете по варианту «а».

В) Величина волнового возмущения для расчетного бьефа определяется по формуле:

$$\Delta Q = \sum \Delta Q_{pin}, \quad (3)$$

где ΔQ_{pin} – волновое возмущение в начальном створе i -го бьефа с учетом влияния рассредоточенности потребителей, параметров канала и уменьшения величины волнового возмущения обратной положительной волны при движении ее по каналу с уклоном:

$$\Delta Q_{pin} = \Delta Q_{pik} - \frac{d \Delta h}{dt}, \quad (4)$$

где ΔQ_{pik} – волновое возмущение в конечном створе;

$\frac{d \Delta h}{dt}$ – вертикальная скорость волны, определяемая по формуле:

$$\frac{d \Delta h}{dt} = \frac{\omega}{B} N_k L_k \frac{gB}{V - \mu \sqrt{\frac{g\omega}{B}}}, \quad (5)$$

где g – ускорение свободного падения,

B – ширина канала по верху, определяется по формуле:

$$B = b + 2mh \quad (6)$$

ω – площадь поперечного сечения водного потока при глубине воды в канале h , определяется по формуле:

$$\omega = (b + mh)h, \quad (7)$$

где b – ширина канала по дну, m – заложение откоса канала, h – глубина воды в канале.

Потребный резервный объем в расчетном бьефе определяется по формуле:

$$V = (t_1 + t_2 + t_u)\Delta Q. \quad (8)$$

Время добегания фронта обратной волны от конечного створа до начального определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{S_1}{\sqrt{\frac{g\omega}{B} - V}}. \quad (9)$$

Время добегания фронта прямой волны от начального створа до конечного определяется по формуле:

$$t_2 = \frac{S_1}{\sqrt{\frac{g\omega}{B} + V}} \quad (10)$$

Время добегания доли дополнительного расхода ΔQ , определяемого коэффициентом K_i , определяется из уравнения:

$$t_u = T_i [\ln(K_1 - L_1 / T_1) - \ln K_i K_1] \quad (11)$$

Определяется фактический объем резерва, который размещается между уровнем воды при установившемся режиме движения воды в канале при расчетном расходе Q_p и уровнем кривой подпора A_n при расчетной глубине h_p . Значение h_p находится в диапазоне от h_{\min} до h_{\max} .

Определяется фактический объем резерва, который размещается между уровнем воды при установившемся режиме движения воды в канале при расчетном расходе Q_p и уровнем кривой подпора A_n при расчетной глубине h_p . Значение h_p находится в диапазоне от h_{\min} до h_{\max} .

Построение кривой подпора A_n выполняется по методу Бахметева решением уравнения:

$$\frac{JS_1}{h} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j)[\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)]. \quad (12)$$

Далее определяется ΔV – объем воды, находящейся между уровнями воды в канале « A » (соответствует кривой подпора) и « Q_p » (при пропуске расчетного расхода воды) при задаваемых

последовательно значениях Δh и сравнивается со значением $V_{рез}$, полученным по формуле (8). Расчет заканчивается при выполнении условия:

$$\Delta V \approx V_{рез} \quad (13)$$

В случае несоблюдения этого условия при максимально возможном значении Δh следует изменить параметры канала, увеличить длину, ширину по дну, уклон дна или заложение откосов канала. Можно также наложить дополнительное ограничение на величину расчетного волнового возмущения ΔQ , изменяя значение коэффициента K_i в формулах в рекомендованных пределах.

Таким образом, приведенная методика расчета показывает влияние и неразрывную связь состава и характеристик водопотребителей с объемом резервной емкости $V_{рез}$.

Выводы: 1. Зная величины резервной емкости, можно установить динамические параметры объекта регулирования.

2. Зная динамические параметры объекта регулирования, можно определить тип регулятора для автоматизации водоподачи и оптимальные параметры его настройки.

Библиографический список

1. Маковский, Э.Э. Автоматизация гидротехнических сооружений в системах каскадного регулирования расходов воды / Э.Э. Маковский. – Фрунзе Илим, 1972. – 226 с.
2. Маковский, Э.Э. Компонировка гидротехнических сооружений в системах каскадного регулирования расходов воды / Э.Э. Маковский, В.В. Волчкова. // Автоматические водораспределительные устройства. – Илим, Фрунзе, 1974. – С. 31-47.
3. Пахомов, А.А. Автоматизация водораспределения на открытой внутрихозяйственной сети / А.А. Пахомов, В.Ф. Скворцов // Вопросы мелиорации. – № 1-2. – 2008. – С. 23-33.

E-mail: gidro-vgsha@mail.ru