

Тема 5. Проводящая и ограждающая сеть осушительной системы

Практическая работа №8. Гидрологический расчет проводящей и оградительной сети

Цель работы – освоить методику гидрологического и гидравлического расчетов.

Основной целью гидрологических расчетов проводящей осушительной сети является определение модулей поверхностного и дренажного стока для установления расчетных расходов и уровненного режима водотоков в разные сезоны года.

Для открытой сети с площадью водосбора менее 20 км² должны обеспечиваться условия пропуска расходов, приведенные в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Условия пропуска расчетных расходов воды в каналах осушительных систем с водосборной площадью до 20 км²

Сельскохозяйственное использование осушаемых земель	Расчетный расход	Условия пропуска расчетного расхода	Обеспеченность расчетного расхода, %
Полевые севообороты, пастбища	Весенний паводок	В бровках	10
	Предпосевной	На 0,5-0,7 м ниже бровок	10
	Летне-осенний паводок	На 0,2-0,3 м ниже бровок	10
Сенокосы	Предпосевной	На 0,4-0,5 м ниже бровок	10
	Летне-осенний паводок	В бровках	10
Для всех видов использования	Среднемеженный	Без подпора впадающей сети	50

Из приведенного в таблице интервала большие значения уровней воды принимаются на малоуклонных территориях. Меньшие значения запаса от бровок принимаются в легких минеральных почвах, большие – в тяжелых минеральных почвах и торфяниках.

Модули поверхностного стока зависят от гидрографических характеристик водосбора в заданном сечении канала, расчетных периодов и заданной обеспеченности.

Традиционно выполняют расчеты модулей поверхностного стока весеннего половодья ($q_{вп}^{10\%}$), предпосевного ($q_{пп}^{10\%}$), летне-осеннего паводка ($q_{лоп}^{10\%}$) и бытового ($q_{б}^{50\%}$) периодов.

Средний за многолетний период максимальный мгновенный модуль стока весеннего половодья определяется по формуле

$$\bar{q}_{\text{вп}} = \frac{A_{\text{вп}} I^{0,2} (1 + 0,5\delta)}{(F + 10)^{0,167} (1 + 0,2\alpha_{\text{взв}})(1 + 0,02\beta)(1 + 0,03\varphi)(1 + 0,01\gamma)}. \quad (8.1)$$

Коэффициент вариации максимального стока весеннего половодья находят по выражению

$$C_0^{\text{вп}} = \frac{a_{\text{вп}}}{(F + 1)^{0,06}}. \quad (8.2)$$

Для предпосевно-посевной периода величину модуля стока 10 % обеспеченности определяют по формуле

$$q_{10\%}^{\text{пп}} = \frac{A_{10\%}^{\text{пп}} \sqrt[15]{(F + 1)} (1 + 0,01\beta)(1 + 0,02\varphi)(1 + 0,01\gamma)(1 + 0,05\alpha_{\text{взв}})}{1 + 0,4\eta} \quad (8.3)$$

В качестве расчетного летне-осеннего паводка принимается наивысший расход в промежутке от конца спада весеннего половодья до начала ледостава осенью. Средний за многолетний период максимальный модуль стока летне-осенних паводков определяется по формуле

$$\bar{q}_{\text{лп}} = \frac{A_{\text{лп}} B^{0,25} \Gamma^{0,143} (1 + 0,5\delta)}{(F + 10)^{0,25} (1 + 0,2\alpha_{\text{взв}})(1 + 0,02\beta)(1 + 0,02\varphi)(1 + 0,01\gamma)} \quad (8.4)$$

Коэффициент вариации максимумов летне-осенних дождевых паводков находится по выражению

$$C_v^{\text{лп}} = \frac{a_{\text{лп}}}{(F + 10)^{0,05} (\bar{q}_{\text{лп}} + 1)^{0,1}} \quad (8.5)$$

Расчетным расходом бытового (меженного) периода считается наиболее часто повторяющийся среднесуточный расход воды низкой межени. В практике гидрологических расчетов этот расход можно заменить близким к нему минимальным расходом 30-суточной продолжительности. Средний за многолетний период модуль бытового стока определяется по зависимости

$$\bar{q}_6 = \frac{A_6 F^{0,143} (\varphi + \gamma + 1)^{0,2} \delta^{0,6} (\alpha + 1)^{0,2}}{(\beta + \varphi + 1)^{0,125}}. \quad (8.6)$$

Коэффициент вариации бытового стока находится по выражению

$$C_v^6 = \frac{a_6 (\beta + \varphi + 1)^{0,143}}{(F + 1)^{0,05} \delta^{0,143} (1 + \alpha)^{0,1}}. \quad (8.7)$$

В приведенных формулах приняты следующие обозначения:

q – модуль поверхностного стока, л/(с·км²);

A – параметр, отражающий совокупность климатических, почвенно-геологических и других условий формирования стока, имеющий тенденцию плавного изменения по территории;

a – географический параметр, отражающий изменение коэффициента изменчивости стока по территории;

F – площадь водосбора, км²;

I – средний уклон основного водотока в промилле;

$\alpha_{взв}$ – средневзвешенная озерность водосбора, %;

$$\alpha_{взв} = \alpha \left(\frac{F_{зар}}{F} \right); \quad (8.8)$$

α – озерность в процентах от общей площади водосбора;

$F_{зар}$ – площадь водосбора, зарегулированная озерами, км²;

β – травяные и закустаренные болота в процентах от общей площади водосбора;

φ – леса на болотных землях в процентах от общей площади водосбора;

γ – леса на минеральных землях в процентах от общей площади водосбора;

δ – густота речной сети (отношение суммарной длины всех водотоков свыше 2 км к общей площади водосбора), км⁻¹;

η – коэффициент формы водосбора (отношение площади водосбора к квадрату длины основного водотока);

B – средняя ширина водосбора (отношение площади водосбора к длине основного водотока), км.

Необходимые для расчетов физико-географические характеристики водосбора (площадь, уклон, озерность, заболоченность, лесистость и т.д.) приведены в задании на проектирование.

Параметры « A » для вычисления модулей стока и « a » для вычисления коэффициента вариации по основным метеостанциям Республики Беларусь приведены в приложении 14.

Модули максимумов весеннего половодья, летне-осенних паводков и бытового стока расчетной обеспеченности (табл. 8.1) определяются по формуле

$$q_p = K_p \bar{q}, \quad (8.9)$$

где K_p – модульный коэффициент, определяемый по таблицам трехпараметрического гамма-распределения С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля и по таблицам биномиальных асимметричных кривых обеспеченности (прилож. 15-16).

Значения модульных коэффициентов K_p принимаются из приложений 15 и 16. При этом коэффициенты асимметрии назначаются следующим образом.

Коэффициент асимметрии для максимума весеннего половодья принимается равным удвоенному значению коэффициента вариации.

Коэффициент асимметрии для максимума летне-осенних паводков принимается равным:

для бассейна р. Западная Двина $C_s = 2C_v$;

для бассейнов р. Неман и левобережных притоков р. Припять $C_s = 3C_v$;

для бассейнов р. Днепр, Березина, Сож и правобережных притоков р. Припять $C_s = 4C_v$.

Коэффициент асимметрии для бытового стока принимается равным утроенному значению коэффициента вариации.

Расход (Q_n , л/с) открытого проводящего канала, формирующийся в его рассматриваемом сечении (створе) за счет поверхностного стока, определяется по формуле

$$Q_n = q_p F_v, \quad (8.10)$$

где q_p – модуль поверхностного стока расчетной обеспеченности для соответствующего гидрологического периода, л/(с·км²);

F_v – площадь водосбора относительно расчетного створа, км².

При впадении в открытый канал выше расчетного створа закрытой проводящей сети общий его расход Q определяется как сумма расходов Q_n и дренажного стока Q_d .

$$Q = Q_n + Q_d. \quad (8.11)$$

В этом случае рассчитывается модуль дренажного стока:

$$q_d = 115,7 q, \quad (8.12)$$

где q_d – модуль дренажного стока, л/(с·га);

q – средний за расчетный период приток воды к дренам, м/сут (определяется в п. 3.3).

Дренажный сток (Q_d , л/с) определяется умножением q_d на водосборную площадь дренажной системы (F_d , га).

Пример гидрологических расчетов открытого канала приведен в приложении 17.

Гидравлические расчеты. Задачами гидравлического расчета открытой проводящей и оградительной сети являются: а) проверка и уточнение предварительных (минимальных) параметров поперечного сечения канала, полученных при построении его продольного профиля; б) определение минимальной и максимальной скоростей движения воды в канале для проверки на заиление, размыв и определения типов креплений его русла.

Первая задача решается для каналов с водосборной площадью более 5 км².

Проверка первоначально запроектированных параметров канала может осуществляться двумя путями.

Вариант 1. По расчетному расходу (Q , м³/с) находится фактическая глубина воды в канале (h_f , м), которая сопоставляется с проектной (h_p , м), т.е. допустимой по табл. 4.1. При этом должно выполняться условие $h_f \leq h_p$.

Вариант 2. По рассчитанной глубине h_f находится возможная пропускная способность канала ($Q_{пр}$, м³/с), которая должна быть больше или равна расчетному расходу канала Q .

Предпочтительным является первый путь расчетов, поскольку он позволяет наглядно проверять и корректировать положение уровней воды на профиле канала.

Исходными данными для гидравлических расчетов являются:

- расчетные расходы канала для периодов, приведенных в табл. 8.1;
- предварительно принятые параметры канала (гидравлический уклон i , равный проектному уклону его дна; ширина канала по дну b , м; заложение откосов канала m , коэффициент шероховатости n).

Расчеты выполняются общеизвестными в гидравлике методами. При этом могут использоваться соответствующие компьютерные программы, имеющиеся на кафедре. С целью изучения влияния параметров канала на его гидравлический режим и овладения методикой вычислений в курсовом проекте выполняется «ручной» расчет для одного сечения канала графоаналитическим способом по варианту 1.

Для определения зависимости глубины канала от его расхода находят значения расходов Q для различных глубин воды в канале h_f и принятых его параметрах i , b , m , n .

В расчетах используются следующие формулы

$$Q = \omega V = \omega C \sqrt{Ri}; \quad (8.13)$$

$$\omega = (b + mh)h ; \quad (8.14)$$

$$C = \frac{1}{n} R^y ; \quad (8.15)$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} ; \quad (8.16)$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2} ; \quad (8.17)$$

$$Y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (8.18)$$

где V – скорость течения воды, м/с;

C – скоростной коэффициент;

h – глубина воды в канале, м;

ω , R , χ – соответственно живое сечение канала (m^2),

гидравлический радиус и смоченный периметр сечения, м.

Расчеты выполняют в табличной форме (пример в табл. 8.2.)

Т а б л и ц а 8.2. Гидравлический расчет открытого канала

h, м	ω , м ²	χ , м	R, м	Y	C	V, м/с	Q, м ³ /с
1	2	3	4	5	6	7	8
0,2	0,18	1,32	0,14	0,28	19,2	0,31	0,05
0,4	0,48	2,04	0,24	0,28	22,5	0,47	0,22
0,6	0,90	2,76	0,33	0,27	24,7	0,60	0,54
1,0	2,10	4,21	0,50	0,26	27,8	0,83	1,75
1,5	4,28	6,01	0,71	0,26	30,5	1,09	4,67
2,0	7,20	7,81	0,92	0,25	32,4	1,32	9,49

В приведенном примере приняты следующие исходные данные:

– ширина канала по дну $b = 0,6$ м;

– заложение откосов канала $m = 1,5$;

– коэффициент шероховатости $n = 0,030$;

– гидравлический уклон $i = 0,0018$.

По результатам расчета строится график зависимости $h = f(Q)$. На него наносятся полученные в результате гидрологических расчетов $Q^{ВП}$, $Q^{ПП}$, $Q^{ДП}$, Q^6 (см. приложение 17) и снимаются соответствующие им глубины воды в канале (пример на рис. 8.1).

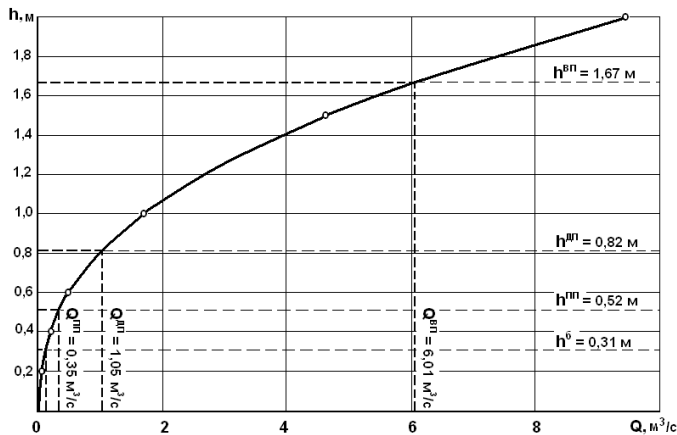


Рис. 8.1. График зависимости глубины воды в канале от расхода (пример).

В состав гидравлических расчетов входит определение максимальной (V_{\max} , м/с) и минимальной (V_{\min} , м/с) скоростей движения воды в канале в диапазоне расчетных расходов. При этом анализируются данные колонок 7 и 8 в табл. 8.2, либо строится аналогичный рис. 8.1 график зависимости $V = f(Q)$. Фактические максимальная и минимальная скорости затем сравниваются с допустимыми скоростями соответственно на размыв и заиление. Минимальная незаиляющая скорость составляет 0,2–0,3 м/с, а значения максимальных неразмывающих скоростей в зависимости от вида грунтов приведены в приложении 18.

В случаях, когда уровни воды не удовлетворяют условиям таб. 8.1, либо фактическая скорость воды в канале выходит из допустимого диапазона, необходимо выполнить соответствующие корректировки проектных параметров канала (продольного уклона и поперечного сечения). Если уменьшить скорость воды за счет допустимых корректировок не удастся, то следует подобрать соответствующий тип крепления канала (по приложению 18).