

Р.М. ХАЧАТРЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА СООРУЖЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНОГО ВОДОСБРОСА

Исходя из условия минимальной суммарной стоимости верховой перемычки и строительного водосброса, состоящего из безнапорного туннеля и примыкающих к нему подводящего и отводящего каналов практически любых форм поперечных сечений, получено критериальное уравнение для определения оптимального значения внутреннего радиуса r туннеля, которым обусловлены оптимальные геометрические и гидравлические параметры всех сооружений системы.

Ключевые слова: строительный водосброс, подводящий и отводящий каналы, безнапорный туннель, верховая перемычка, критериальное уравнение, оптимальное значение, внутренний радиус туннеля.

В период строительства сооружений водохранилищного гидроузла на горных и предгорных участках рек пропуск их расходов в нижний бьеф осуществляется строительными водосбросами различных типов и конструкций (туннели различных форм поперечного сечения с подводящим и отводящим каналами или без них, галереи, устраиваемые в открытых выемках на поверхности материкового грунта, под плотиной из местных строительных материалов, и др.).

Рассматривается случай, когда строительный водосброс проектируется в виде безнапорного туннеля практически любой формы поперечного сечения (круглой, корытообразной или подковообразной) с подводящим и отводящим каналами прямоугольного или трапецеидального поперечного сечения, а верховая перемычка проектируется вне тела плотины.

На плане участка реки показаны контуры плотины из местных строительных материалов, верховой и низовой перемычек, строительного туннеля и примыкающих к нему подводящего и отводящего каналов. Намечены также места входного и выходного порталов туннеля (рис. 1).

В [1, 2] показано, что условие минимума суммарной стоимости строительного водосброса и верховой перемычки должно лечь в основу выбора оптимального варианта сооружений системы строительный водосброс - верховая перемычка, независимо от того, проектируется ли верховая перемычка вне или в теле плотины.

Для решения поставленной задачи сначала напишем выражения для определения отметок dna концевое сечения отводящего канала ($\nabla_{\text{ДКОК}}$), выходного портала ($\nabla_{\text{ДНП}}$), входного портала ($\nabla_{\text{ДВП}}$), начального сечения подводящего канала ($\nabla_{\text{ДНПК}}$), отметок уровня воды верхнего бьефа при пропуске по строительному водосбросу расчетного строительного расхода ($\nabla_{\text{УВБ}}$) и гребня верховой перемычки ($\nabla_{\text{ГВП}}$).

Отметку дна конечного сечения строительного водосброса следует назначать из условия недопущения подпора со стороны нижнего бьефа и получения возможно наименьшей отметки уровня воды верхнего бьефа, следовательно, и возможно наименьшей отметки гребня верховой перемычки, при пропуске расчетного строительного расхода $Q_{стр}$ по зависимости

$$\nabla_{ДКОК} = \nabla_{УНБ} - \varepsilon h_{ок}, \quad (1)$$

где $\nabla_{УНБ}$ - отметка уровня воды нижнего бьефа в створе реки d-d при расчетном строительном расходе $Q_{стр}$; $h_{ок}$ - глубина воды в отводящем канале при пропуске расхода $Q_{стр}$; ε - числовой коэффициент, значение которого колеблется в пределах $0 \leq \varepsilon \leq 1$.

Имея в виду, что всегда имеет место условие $h_p \leq h_{ок}$, предлагается для определения ε пользоваться зависимостью

$$\varepsilon = (h_p - e) / h_{ок}, \quad (2)$$

где h_p - глубина воды в створе d-d реки при пропуске расхода $Q_{стр}$; e - разность отметок дна конечного сечения отводящего канала и дна русла реки в створе d-d,

$$e = \nabla_{ДКОК} - \nabla_{1ДРР}. \quad (3)$$

Возможно низкая отметка гребня верховой перемычки, при прочих равных условиях, получится при $e=0$. Однако, исходя из удобства производства строительных работ, принимается $e = 0,5 \dots 1$ м.

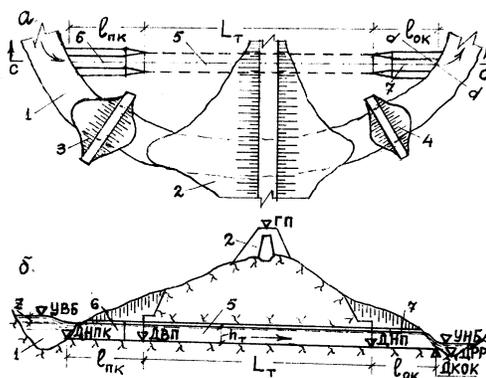


Рис. 1. Водохранилищный гидроузел со строительным водосбросом:
 а- план гидроузла; б- продольный разрез по оси строительного водосброса;
 1- река; 2 - плотина; 3 и 4 - верховая и низовая перемычки; 5- строительный туннель; 6 и 7- подводящий и отводящий каналы

Отметка дна выходного портала туннеля определяется по зависимости

$$\nabla_{ДНП} = \nabla_{ДКОК} + i_{ок} l_{ок}. \quad (4)$$

Отметка дна входного портала будет

$$\nabla_{ДВП} = \nabla_{ДНП} + i_T L_T. \quad (5)$$

Отметка дна начального сечения подводящего канала:

$$\nabla_{\text{ДНПК}} = \nabla_{\text{ДВП}} + i_{\text{ПК}} l_{\text{ПК}} . \quad (6)$$

Отметка уровня воды верхнего бьефа при пропуске расчетного строительного расхода $Q_{\text{стр}}$:

$$\nabla_{\text{УВБ}} = \nabla_{\text{ДНПК}} + h_{\text{ПК}} + Z_{\text{ПК}}, \quad (7)$$

где $h_{\text{ПК}}$ - глубина равномерного движения воды в подводящем канале; $Z_{\text{ПК}}$ - перепад уровня воды у входа в подводящий канал.

Отметка гребня верховой перемычки:

$$\nabla_{\text{ГВП}} = \nabla_{\text{УВБ}} + a_2 , \quad (8)$$

где a_2 – строительный запас высоты гребня верховой перемычки.

Высота верховой перемычки:

$$H_{\text{ВП}} = \nabla_{\text{ГВП}} - \nabla_2 \text{ДРР} , \quad (9)$$

где $\nabla_2 \text{ДРР}$ – отметка дна русла реки в створе верховой перемычки.

Площадь живого сечения и гидравлический радиус живого сечения безнапорного туннеля практически любой формы поперечного сечения (круглой, корытообразной или подковообразной) в общем виде представим соответственно зависимостями

$$A_{\text{T}} = T r^2 \quad (10)$$

и

$$R_{\text{T}} = \Gamma r , \quad (11)$$

где r – внутренний радиус туннеля; T и Γ - числовые коэффициенты, значения которых зависят от формы поперечного сечения туннеля и глубины его наполнения.

Средняя скорость равномерного движения в туннеле:

$$V_{\text{д}} = Q_{\text{пдд}} / T r^2 . \quad (12)$$

Коэффициент Шези по Маннингу:

$$C_{\text{T}} = R_{\text{T}}^{1/6} / n_{\text{T}} = (\Gamma r)^{1/6} / n_{\text{T}} . \quad (13)$$

Уклон дна туннеля:

$$i_{\text{T}} = V_{\text{д}}^2 / C_{\text{T}}^2 R_{\text{T}} = Q_{\text{пдд}}^2 n_{\text{T}}^2 / E_{\text{T}} r^{16/3} , \quad (14)$$

где

$$E_{\text{T}} = T^2 \Gamma^{4/3} . \quad (15)$$

Полагая, что геометрические и гидравлические параметры подводящего и отводящего каналов одинаковы, а также принимая, что глубина воды и площадь живого сечения в канале и в туннеле при пропуске расхода $Q_{\text{стр}}$ соответственно равны, т.е.

$$h_{\text{ПК}} = h_{\text{ОК}} = h_{\text{К}} = h_{\text{T}} = h = 1,7r \quad (16)$$

и

$$A_{\text{ПК}} = A_{\text{ОК}} = A_{\text{К}} = A_{\text{T}} = A = T r^2 , \quad (17)$$

площадь живого сечения потока в канале трапецеидального поперечного сечения с учетом запишем в виде

$$(b_{\text{К}} + m_{\text{К}} h_{\text{К}}) h_{\text{К}} = T r^2 , \quad (18)$$

откуда с учетом (17) получим

$$b_{\text{К}} = (T/1,7 - 1,7m_{\text{К}}) r . \quad (19)$$

Смоченный периметр трапецеидального канала:

$$\chi_{\text{К}} = b_{\text{К}} + 2h_{\text{К}} \sqrt{1 + m_{\text{К}}^2} = r \left(T/1,7 - 1,7m_{\text{К}} + 3,4\sqrt{1 + m_{\text{К}}^2} \right) . \quad (20)$$

Гидравлический радиус живого сечения потока:

$$R_k = \frac{A_k}{\chi_k} = \frac{Tr}{T/1,7 - 1,7m_k + 3,4\sqrt{1+m_k^2}} \quad (21)$$

Уклон дна каналов:

$$i_{ПК} = i_{ОК} = i_k = \frac{V_k^2}{C_k^2 R_k} = \frac{Q_{стр}^2 n_k^2}{E_k r^{16/3}} \quad (22)$$

где

$$E_k = \frac{T^{10/3}}{\left(T/1,7 - 1,7m_k + 3,4\sqrt{1+m_k^2}\right)^{4/3}} \quad (23)$$

Перепад уровня воды у входа в подводящий канал :

$$Z_{ПК} = \frac{V_{ПК}^2}{2g\varphi^2} - \frac{\alpha_0 V_0^2}{2g} = \frac{Q_{стр}^2}{Nr^4\varphi^2} - \frac{\alpha_0 V_0^2}{2g} \quad (24)$$

где

$$N=2gT^2 \quad (25)$$

Имея в виду (10) - (24), зависимость для определения высоты верховой перемычки запишется в следующем виде:

$$H_{ВП} = M + 1,7r(1-\varepsilon) + \frac{Q_{стр}^2}{r^4} \left(\frac{B}{r^{4/3}} + \frac{1}{N\varphi^2} \right) - \frac{\alpha_0 V_0^2}{2g} \quad (26)$$

где

$$M = \nabla УНБ - \nabla_2 ДРР + a_2 \quad (27)$$

$$B = B_k + B_T \quad (28)$$

$$B_k = B_{ОК} + B_{ПК} = n_k^2(l_{ОК} + l_{ПК})/E_k = n_k^2 L_k / E_k \quad (29)$$

$$B_T = n_T^2 L_T / E_T \quad (30)$$

а значения ε , E_T , E_k и N определяются соответственно по зависимостям (2), (15), (23) и (25).

Объем верховой перемычки (рис. 2) по М.В. Потапову [3] выражается следующей зависимостью:

$$W_{ВП} = l_{ср} (bH_{ВП} + m_{ср} k H_{ВП}^2) \quad (31)$$

где $l_{ср} = 0,5(l_n + L_n)$ – средняя длина верховой перемычки; l_n и L_n – соответственно длина перемычки понизу и поверху,

$$L_n = l_n + (m_1 + m_2)H_{ВП} = l_n + 2m'_{ср} H_{ВП} \quad (32)$$

и

$$l_{ср} = l_n + m'_{ср} H_{ВП} \quad (33)$$

$m'_{ср} = 0,5(m_1 + m_2)$ - средний коэффициент заложения откосов русла в створе верховой перемычки; b - ширина гребня перемычки; $m_{ср} = 0,5(m_B + m_H)$ - средний коэффициент заложения откосов

верховой перемычки; k - коэффициент формы русла реки в створе верхней перемычки ($k=f(l_n/L_n)$), значения которого, согласно [3], приведены в табл. 1.

l_0/L_0	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
k	0,67	0,73	0,78	0,82	0,86	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1

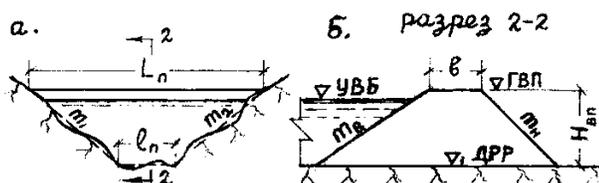


Рис. 2. Схематические поперечные сечения русла реки в створе верхней перемычки (а) и самой перемычки (б)

Подставляя выражение l_{cp} из (33) в (31), получим

$$W_{ВП} = l_n b H_{ВП} + (l_n m_{cp} k + b m'_{cp}) H_{ВП}^2 + m_{cp} m'_{cp} k H_{ВП}^3.$$

Объемы скальной выломки и бетонной облицовки туннеля практически любой формы поперечного сечения можно представить соответственно следующими зависимостями:

$$W_{TC} = \pi_T (r + \delta)^2 L_T \quad (35)$$

и

$$W_{T6} = \pi_T [(r + \delta)^2 - r^2] L_T = \pi_T (2r\delta + \delta^2) L_T,$$

где π_T - коэффициент площади любой формы поперечного сечения туннеля (значения π_T приведены в табл.2); δ - средняя толщина бетонной облицовки туннеля.

Выражения для определения стоимости верхней перемычки и туннеля, согласно (34), (35) и (36), соответственно будут

$$K_{ВП} = C_{ВП} W_{ВП} = C_{ВП} [l_n b H_{ВП} + (l_n m_{cp} k + b m'_{cp}) H_{ВП}^2 + m_{cp} m'_{cp} k H_{ВП}^3] \quad (37)$$

и

$$K_T = C_{TC} W_{TC} + C_{T6} W_{T6} = \pi_T L_T [C_{TC} (r + \delta)^2 + C_{T6} (2r\delta + \delta^2)], \quad (38)$$

где $C_{ВП}$, C_{TC} и C_{T6} - средняя стоимость единицы объема соответственно верхней перемычки, скальной выломки и бетонной облицовки туннеля.

Для определения стоимостей подводящего и отводящего каналов исходим из того, что стоимость одного погонного метра готового канала в местах их примыкания к входному и выходному порталам туннеля равна стоимости одного погонного метра готового туннеля, а в начале

подводящего и в конце отводящего каналов она сравнительно меньше и составляет некоторую ее часть ($\alpha_{ПК} < 1$ и $\alpha_{ОК} < 1$).

Суммарная стоимость подводящего и отводящего каналов, когда стоимость одного погонного метра готового канала от начала подводящего и конца отводящего каналов до соответствующих порталов туннеля меняется равномерно вдоль пути, может быть выражена зависимостью

$$K_K = 0,5[(\alpha_{ПК} + 1)l_{ПК} + (1 + \alpha_{ОК})l_{ОК}]K_T/L_T. \quad (39)$$

Значения $\alpha_{ПК}$ и $\alpha_{ОК}$ в каждом конкретном случае следует определять в зависимости от топографических и геологических условий трассы каналов. В случае, когда $\alpha_{ПК} = \alpha_{ОК} = \alpha_K$, зависимость (39) примет вид

$$K_K = 0,5(1 + \alpha_K)K_T L_K/L_T.$$

Суммарная стоимость строительного водосброса определяется из выражения

$$K_{СВ} = K_T + K_K = K_T [1 + 0,5(1 + \alpha_K)L_K/L_T]. \quad (41)$$

С учетом (38) зависимость (41) примет следующий вид:

$$K_{СВ} = \pi_T [C_{ТС} (r + \delta)^2 + C_{Т6} (2r\delta + \delta^2)] [L_T + 0,5(1 + \alpha_K)L_K]. \quad (42)$$

Таким образом, суммарная стоимость верховой перемычки и строительного водосброса, согласно (37) и (42), будет

$$\begin{aligned} K &= K_{ВП} + K_{СВ} = \\ &= C_{ВП} [l_n b H_{ВП} + (l_n m_{СР} k + b m'_{СР}) H_{ВП}^2 + m_{СР} m'_{СР} k H_{ВП}^3] + \\ &+ \pi_T [C_{ТС} (r + \delta)^2 + C_{Т6} (2r\delta + \delta^2)] [L_T + 0,5(1 + \alpha_K)L_K]. \end{aligned} \quad (43)$$

Выражение для определения оптимального значения внутреннего радиуса r поперечного сечения безнапорного туннеля, которому соответствует минимум функций $K=f(r)$, при выбранной возможно наименьшей длине строительного водосброса (отдавая предпочтение варианту, при котором, при прочих равных условиях, длина туннеля поменьше), находим из условия $dK/dr = 0$. Откуда с учетом зависимостей (26), (25), (28), (29) и (30) после простых преобразований получим критериальное уравнение для определения оптимального значения внутреннего радиуса r строительного туннеля :

$$\begin{aligned} &\frac{\pi_T}{2} \left[\frac{C_{ТС}}{C_{ВП}} \left(1 + \frac{\delta}{r} \right) + \frac{C_{Т6}}{C_{ВП}} \frac{\delta}{r} \right] \left[\frac{L_T + 0,5(1 + \alpha_K)L_K}{l_n} \right] = \\ &= \left\{ \frac{Q_{СР}^2}{r^6} \left[\frac{4}{3r^{4/3}} \left(\frac{n_K^2 L_K}{E_K} + \frac{n_T^2 L_T}{E_T} \right) + \frac{1}{2gT^2\varphi^2} \right] - \frac{1,7(1 - \varepsilon)}{4r} \right\} \times \\ &\times \left\{ b + \left[2 \left(m_{СР} k + m'_{СР} \frac{b}{l_n} \right) + 3 \frac{m_{СР} m'_{СР} k}{l_n} H_{ВП} \right] H_{ВП} \right\}. \end{aligned} \quad (44)$$

Уравнение (44) представлено в безразмерных величинах, что обеспечивает результатам общность в широком диапазоне значений параметров.

Числовые значения коэффициентов T , Γ , E_T , N и π_T для безнапорного туннеля различных форм поперечного сечения, при глубине равномерного движения воды в нем $h_T=1,7r$, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Поперечное сечение туннеля		T	Γ	E_T	N	π_T	
Круглое		2,846	0,607	4,159	158,928	3,142	
Корытообразное	без плавного сопряжения	3,275	0,590	5,310	210,475	3,571	
	с плавным сопряжением	3,249	0,609	5,445	207,045	3,544	
Подковообразное	$\rho=2r$	без плавного сопряжения	3,022	0,611	4,737	179,156	3,317
		с плавным сопряжением	3,019	0,613	4,749	178,824	3,315
	$\rho=3r$	без плавного сопряжения	3,093	0,608	4,931	187,710	3,389
		с плавным сопряжением	3,086	0,613	4,962	186,898	3,382

Числовые значения коэффициента E_k для подводящего и отводящего каналов прямоугольного и трапецидального поперечного сечения, при совместной их работе с безнапорными туннелями различных форм поперечного сечения, подсчитанные по (23), приведены в табл.3. Значение m_k трапецидального канала, при котором R_k и E_k , при прочих равных условиях, приобретают максимальное, а V_k , V и $H_{вп}$ - минимальное значение, определено из зависимости (21) при условии $dR_k/dm_k = 0$. В результате получено $m_k \approx 0,577$, т.е. $\theta = \text{arccot}gm_k = 60^\circ$. В табл. 3 приведены также оптимальные значения E_k , соответствующие $m_k \approx 0,577$.

Уравнение (44) решается графо-аналитическим способом в следующей последовательности: при выбранной трассе строительного водосброса, форме поперечного сечения туннеля, подводящего и отводящего каналов, а также заданных и выбранных значениях $Q_{стр}$, $\nabla_{УНБ}$, $\nabla_{1ДРР}$, $\nabla_{2ДРР}$, $l_{пк}$, $l_{ок}$, L_T , e , n_k , n_T , δ , a_2 , b , l_n , m_1 , m_2 , m_B , m_H , φ , α_0 , v_0 , $C_{вп}$, $C_{тс}$, $C_{тб}$ следует определить (k , $m_{ср}$, $m'_{ср}$, m_k , T , Γ , E_T , E_k , N , π_T , V , M и, задаваясь различными значениями внутреннего радиуса r поперечного сечения туннеля, вычислить h_T , ε , $H_{вп}$, L_n и $k=f(l_n/L_n)$.

Таблица 3

Поперечное сечение туннеля		Коэффициент E_k для каналов					
		прямо-угольн. сечения	трапецидального сечения				
			при коэффициенте заложения откосов m_k				
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	
Круглое		3,747	3,903	4,033	4,133	4,202	
Корытообразное	без плавн. сопряж.	5,608	5,831	6,015	6,157	6,254	
	с плавн. сопряж.	5,476	5,694	5,875	6,014	6,109	
Подковообразное	$\rho = 2r$	без плавн. сопряж.	4,454	4,636	4,787	4,904	4,983
		с плавн. сопряж.	4,433	4,614	4,765	4,881	4,960
	$\rho = 3r$	без плавн. сопряж.	4,775	4,969	5,129	5,253	5,337
		с плавн. сопряж.	4,735	4,927	5,087	5,209	5,293

Продолжение табл. 3

Поперечное сечение туннеля		Коэффициент E_k для каналов							
		прямо-угольн. сечения	трапецидального сечения						
			при коэффициенте заложения откосов m_k						
		0,5	0,577	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Круглое		4,239	4,248	4,246	4,228	4,187	4,128	4,054	
Корытообразное	без плавн. сопряж.	6,307	6,319	6,317	6,291	6,234	6,150	6,046	
	с плавн. сопряж.	6,161	6,175	6,170	6,146	6,089	6,007	5,905	
Подковообразное	$\rho = 2r$	без плавн. сопряж.	5,026	5,036	5,035	5,014	4,966	4,898	4,812
		с плавн. сопряж.	5,013	5,022	5,021	4,990	4,943	4,875	4,790
	$\rho = 3r$	без плавн. сопряж.	5,369	5,379	5,378	5,370	5,319	5,246	5,156
		с плавн. сопряж.	5,336	5,346	5,345	5,325	5,275	5,203	5,113

Определив значения левой $[f_1(r)]$ и правой $[f_2(r)]$ частей уравнения (44) при различных значениях r , необходимо построить кривые $y_1 = f_1(r)$ и $y_2 = f_2(r)$, абсцисса точки пересечения которых и будет искомым значением r (рис. 3).

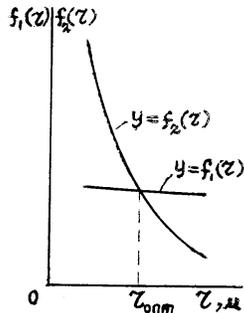


Рис. 3. Определение оптимального значения внутреннего радиуса туннеля

Найденное значение r следует округлить, после чего с помощью вышеприведенных зависимостей определить все необходимые гидравлические и геометрические параметры сооружений строительного водосброса и верховой переемычки.

С гидравлической точки зрения, наиболее оптимальная глубина жидкости в безнапорном туннеле практически любой формы поперечного сечения при равномерном движении воды с расчетным строительным расходом $Q_{стр}$, согласно нашим подсчетам, находится в пределах $h_T = (1,62...1,88)r$, т.е. между значениями, которым соответствуют наибольшая средняя скорость движения жидкости и наибольшая пропускная способность туннеля. Причем при выбранной глубине потока необходимо соблюдать условие, исключающее захлебывание туннеля:

$$2r - h_T \geq 0,4 \text{ м} . \quad (45)$$

В случае $r \geq 4/3 \text{ м}$ условие (45) соблюдается для туннелей практически любой формы поперечного сечения при глубине равномерного движения воды $h_T \geq 1,7r$.

Если в результате решения критериального уравнения (44) получается $r < r_{min}$, где r_{min} – минимальный внутренний радиус поперечного сечения туннеля, назначаемый согласно строительным нормам [4] (для облицованного туннеля $r_{min} = 1 \text{ м}$, а для необлицованного - $r_{min} = 1,25 \text{ м}$), то вопрос выбора оптимального варианта в вышеуказанной постановке теряет смысл. В подобных случаях, исходя из условия обеспечения минимальной возможности для производства работ по механизированной проходке туннеля, следует принимать $r = r_{min}$ и, с целью выбора рационального варианта, стремиться получить возможно низкую отметку гребня верховой переемычки. Очевидно, что при пропуске расчетного строительного расхода воды $Q_{стр}$ по туннелю с внутренним радиусом $r = r_{min}$ этого можно достичь в случае равномерного движения воды с максимальной глубиной h_T , исключающей захлебывание туннеля. Искомую глубину воды следует определять по уравнению

$$2r_{min} - h_T = 0,4 \text{ м} . \quad (46)$$

Следовательно, в таких случаях для определения гидравлических и геометрических параметров строительного туннеля, подводящего и

отводящего каналов и верховой перемычки следует пользоваться вышеприведенными зависимостями, подставляя в них $\gamma = \gamma_{\min}$.

В практике проектирования водохранилищных гидроузлов, в зависимости от топографических условий трассы строительного водосброса, могут встречаться частные случаи рассматриваемой задачи, когда отпадает необходимость либо подводящего, либо отводящего, либо обоих каналов. В указанных случаях следует в вышеприведенных зависимостях подставить соответственно $l_{пк}=0$, $l_{ок}=0$, $L_k = l_{пк} + l_{ок}=0$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хачатрян Р.М.** К вопросу выбора оптимального варианта строительного водосброса // Сб. науч. тр. АрмСХИ.- Ереван, 1977.- Вып. XXIX. Мелиорация и орошаемое земледелие. - С.124 - 134.
2. **Хачатрян Р.М.** Об одном случае расчета параметров оптимального варианта строительного водосброса // Межвуз. сб. науч. тр. Сер. XII. Строительство и архитектура / ЕрПИ.- 1978.- Вып.5. - С. 209-218.
3. **Иванов А.Н., Неговская Т.А.** Гидрология и регулирование стока. - М.: Колос, 1970.- 287 с.
4. Руководство по проектированию гидротехнических туннелей. - М., 1982.- 298 с.

ЕрГУАС . Материал поступил в редакцию 02.08.2000 .

Ռ.Մ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ՋՐՀԵՌ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ԼԱՎԱԳՈՒՅՆ ՏԱՐԲԵՐԱԿԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ելնելով վերին անջրպետի և գործնականորեն կամայական ձևի լայնական կտրվածքով անձնշումային թունելից և նրան հարող մոտեցնող ու հեռացնող ջրանցքներից բաղկացած շինարարական ջրհեռի գումարային արժեքի նվազագույնից, ստացված է թունելի ներքին r շառավղի օպտիմալ արժեքը որոշելու չափանշային հավասարում, որով պայմանավորված են համակարգի բոլոր կառուցվածքների երկրաչափական և հիդրավիլիկական օպտիմալ պարամետրերը:

R.M. KHACHATRYAN

OPTIMAL VERSION PARAMETER DETERMINATION OF THE TEMPORARY DIVERSION SPILLWAY CONSTRUCTIONS

Based on the minimum total cost of upstream cofferdam and temporary diversion spillway consisting of non-pressure tunnel and adjoining headrace and tailrace channels with practically any forms of cross-sections, a criterial equation is developed for optimum value determination of inside radius r . All optimal geometrical and hydraulic parameters of the tunnel, headrace and tailrace channels, and upstream cofferdam are conditioned by inside radius value of r .