

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Департамент мелиорации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

УДК 626.823

Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И УСТРАНЕНИЮ
АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО
ОПАСНЫХ УЧАСТКАХ КАНАЛОВ**

Новочеркасск 2014

Содержание

Введение	3
1 Общие положения	4
2 Расчет фильтрации через дамбу канала в насыпи и оценка риска возникновения аварийной ситуации	4
3 Примеры расчетов по оценке риска разрушения дамб действующих каналов на потенциально опасных участках в насыпи	12
4 Рекомендуемые мероприятия по предупреждению и устранению аварийных ситуаций на потенциально опасных участках каналов	14
5 Новые технические решения по противофильтрационной защите дамб каналов из грунтовых материалов	17
Список использованной литературы	23

Введение

На оросительных системах России эксплуатируется большое количество магистральных каналов. Наиболее густо магистральные каналы расположены на территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов с общей протяженностью более 23 тыс. км.

К крупным магистральным каналам оросительных систем на юге страны относятся Большой Ставропольский канал, Донской магистральный канал (МК), Пролетарский МК, Право-Егорлыкский МК, Невинномысский МК, Терско-Кумский и другие. В настоящее время многие из них характеризуются ухудшенным техническим состоянием, в связи с чем, потенциально опасными признаны 12 магистральных каналов с общей протяженностью поврежденных участков 1400 км [1].

Так как некоторые участки каналов представляют собой потенциальную опасность и пребывают в неудовлетворительном техническом состоянии, то важной проблемой является безаварийная эксплуатация магистральных каналов и гидротехнических сооружений, расположенных на них.

Вопросы безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений рассматривались в работах Н. Н. Розанова [2], А. Г. Баламирзоева [3], Е. Н. Белендира, Д. В. Стефанишина [4] Ю. М. Косиченко [5-10], В. А. Волосухина [11], В. А. Белова [8], К. Н. Анахаева [12] и других. Однако до настоящего времени отсутствовали рекомендации по предупреждению и устранению аварийных ситуаций на потенциально опасных участках каналов. Поэтому цель настоящей работы – восполнить указанный пробел и составить рекомендации, которые могут быть использованы для повышения надежности, безопасности и эффективности эксплуатации магистральных каналов на участках в насыпи.

1 Общие положения

1.1 Настоящие рекомендации по предупреждению и устранению аварийных ситуаций на потенциально опасных участках каналов распространяются на магистральные каналы оросительных систем с расходами до $250 \text{ м}^3/\text{с}$.

1.2 Необходимость разработки рекомендаций по предупреждению и устранению аварийных ситуаций на потенциально опасных участках каналов обусловлена возникновением различных негативных процессов, связанных с прорывом дамб, значительными размывами их русел, оползнями, образованием сосредоточенных ходов фильтрации на потенциально опасных участках. Эти нежелательные явления приводят к нарушению безопасности работы каналов и к невозможности их дальнейшей эксплуатации.

1.3 В настоящих рекомендациях предлагается методика расчета риска разрушения дамбы на потенциально опасном участке канала в насыпи вследствие фильтрационных процессов.

В общем случае методика расчета риска разрушения дамбы канала включает определение удельных фильтрационных расходов, действующих средних и выходных градиентов напоров, риска разрушения тела и основания дамбы канала в насыпи.

1.4 Повышение безопасности эксплуатации магистральных каналов может достигаться применением новых технических решений по противофильтрационной защите потенциально опасных участков магистральных каналов.

2 Расчет фильтрации через дамбу канала в насыпи и оценка риска возникновения аварийной ситуации

2.1 При фильтрационных расчетах земляных дамб ввиду сложности учета всех факторов, влияющих на движение фильтрационного потока, учитываются следующие допущения:

- грунт тела дамбы канала принимается однородным и изотропным,

т. е. когда значение коэффициента фильтрации во всех направлениях является постоянным;

- вся область фильтрации разделена на область фильтрации через тело дамбы канала с коэффициентом фильтрации K_T и область фильтрации через дно и основание дамбы с коэффициентом фильтрации K_0 ;

- водоупор принимается водонепроницаемым и горизонтальным;

- положение депрессионной кривой в однородных плотинах не зависит от качества грунта, а определяется только геометрическими размерами профиля дамбы;

- фильтрация рассматривается в одной плоскости и считается установившейся;

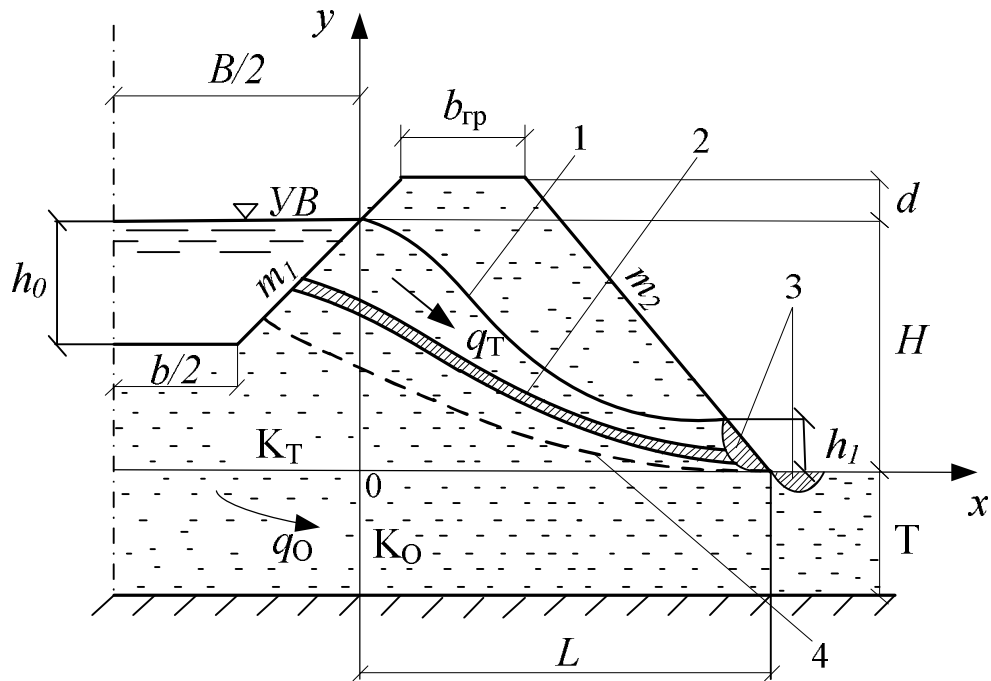
- дно канала принимается водопроницаемым.

2.2 Механизм разрушения грунта дамбы непосредственно связан с увеличением действующего напора на участках канала в насыпи, вследствие чего повышаются градиенты напора фильтрационного потока на частицы грунта дамбы, и в случае их превышения допустимых (критических) значений происходит нарушение устойчивости сначала отдельных частиц грунта, а затем и их групп.

В результате чего образуются ходы фильтрации с постепенно перемещающимися потоком частицами грунта, обычно свойственных для несвязных (песчаных) грунтов, или с разрушением массивов грунта, что характерно для связных (глинистых) грунтов.

2.3 Вся область фильтрации разделена на область фильтрации через тело дамбы канала с удельным фильтрационным расходом q_T и область фильтрации через дно и основание дамбы с удельным расходом q_0 (рисунок 1) [13-15].

2.4 В расчетах учитывается дополнительное фильтрационное сопротивление под дном канала, обусловленное значительной мощностью грунта между дном канала и основанием дамбы высотой $(H - h_0)$ [13].



1 – кривая депрессии; 2 – вероятный сосредоточенный ход фильтрации в дамбе канала; 3 – вероятные зоны местных фильтрационных деформаций; 4 – линия разделения фильтрационного потока

Рисунок 1 – Расчетная схема магистрального канала в насыпи

2.5 Удельный фильтрационный расход через тело дамбы насыпи определяется по формуле:

$$q_T = K_T \frac{H^2 - h_1^2}{2(L - m_2 h_1) + \Delta L_K}; \quad (1)$$

$$\Delta L_K = (H - h_0) \cdot \Phi_1; \quad (2)$$

$$\Phi_1 = \frac{2}{\pi} \ln \frac{4(H - h_0)}{\pi \cdot b/2} \text{ при } \frac{b}{2(H - h_0)} < 0,5, \quad (3)$$

где q_T – удельный расход фильтрационного потока через тело дамбы канала, $\text{м}^2/\text{сут}$;

ΔL_K – дополнительное фильтрационное сопротивление под дном канала, м;

Φ_1 – фильтрационное сопротивление в безразмерной форме;

b – ширина канала по дну, м.

2.6 Высота выхода депрессионной кривой на низовой откос:

$$h_1 = \frac{L_p}{m_2} - \sqrt{\left(\frac{L_p}{m_2}\right)^2 - H^2}; \quad (4)$$

$$L_p = \beta \cdot h_0 + L, \quad L = m_1 \cdot d + b_{\text{гр}} + m_2(H + d), \quad \beta = \frac{m_1}{2m_1 + 1},$$

где L_p – ширина эквивалентного профиля дамбы канала по основанию, м;

m_1, m_2 – коэффициенты заложения соответственно верхового и низового откосов;

H – действующий напор, м;

β – коэффициент, зависящий от величины заложения верхового откоса;

h_0 – глубина наполнения в канале, м;

L – длина участка дамбы от уреза воды до сопряжения низового откоса с нижерасположенной территорией, м;

d – превышение гребня дамбы над уровнем воды в канале, м;

$b_{\text{гр}}$ – ширина дамбы по гребню, м.

2.7 Расчетные ординаты кривой депрессии вычисляются по уравнению:

$$h_x = \sqrt{H^2 - \frac{2q_{\text{T}}}{K_{\text{T}}} \cdot x_i}. \quad (5)$$

2.8 Условие образования общих фильтрационных деформаций грунта тела дамбы канала (например, в виде сосредоточенных фильтрационных ходов) согласно СП 39.13330.2012 [16] и СП 23.13330.2011 [17] определяется следующим соотношением:

$$J_{\text{est},m}^{\text{T}} > \frac{1}{\gamma_n} J_{\text{cr},m}^{\text{T}}, \quad (6)$$

где $J_{\text{est},m}^{\text{T}}$ – действующий средний градиент напора в теле дамбы канала;

$J_{\text{cr},m}^{\text{T}}$ – критический средний градиент напора в теле дамбы канала;

γ_n – коэффициент надежности, принимаемый в зависимости от класса.

Действующий средний градиент напора по Р. Р. Чугаеву будет равен:

$$J_{est,m}^T = \frac{H}{L + 0,4H}. \quad (7)$$

Критический средний градиент напора $J_{cr,m}^T$ принимается для песчаных грунтов равным 0,75-1, для супесей и суглинков – 1-4.

2.9 Удельный фильтрационный расход в основании дамбы канала с учетом дополнительного фильтрационного сопротивления под дном канала слоя мощностью $(H - h_o)_{пр}$ составит:

$$q_o = K_o \cdot T \frac{H}{(H - h_o) \frac{K_o}{K_T} \cdot \Phi_1' + 0,88T + L_o}; \quad (8)$$

$$L_o = b_{пр} + (H + d) \cdot (m_1 + m_2); \quad (9)$$

$$\Phi_1' = \frac{2}{\pi} \ln \left[\frac{4(H - h_o) \cdot K_o}{\pi \cdot b / 2 \cdot K_T} \right], \quad (10)$$

где K_o – коэффициент фильтрации грунта основания дамбы канала, м/сут;

T – мощность водопроницаемого основания, м;

L_o – условная ширина дамбы по основанию, м;

Φ_1' – дополнительное фильтрационное сопротивление под дном канала.

2.10 Общий удельный фильтрационный расход из канала в насыпи составит:

$$q = 2(q_T + q_o), \quad (11)$$

2.11 Условие образования общих фильтрационных деформаций основания [16]:

$$J_{est,m}^o > \frac{1}{\gamma_n} J_{cr,m}^o, \quad (12)$$

где $J_{est,m}^o$ – действующий средний градиент напора в основании дамбы канала;

$J_{cr,m}^o$ – критический средний градиент напора в основании дамбы канала.

Действующий средний градиент напора в основании находим по формуле:

$$J_{est,m}^o = \frac{H}{(H - h_o) \cdot \frac{K_o}{K_T} \cdot \Phi_1' + 0,88T + L_o}. \quad (13)$$

Значения критического среднего градиента напора определяется по СП 39.13330.2012 [16].

2.12 Условие образования местных фильтрационных деформаций грунта тела дамбы при выходе потока на низовой откос (например, в виде суффозии и выпора) запишем как [16]:

$$J_{est,max}^T > \frac{J_{cr}^T}{\gamma_n}. \quad (14)$$

Значения местного критического градиента напора для песчаных грунтов – 0,30, для глинистых грунтов – 1,0.

Максимальный местный градиент напора при выходе потока на низовой откос можно определить по следующей формуле:

$$J_{est,max}^T = \frac{\sqrt{H^2 - \frac{2q_T}{K_T}(L - m_2 \cdot h_1 - \Delta x_{\text{вых}})}}{\Delta x_{\text{вых}}}, \quad (15)$$

где $\Delta x_{\text{вых}}$ – расстояние по оси ОХ при выходе фильтрационного потока на низовой откос, принимаемое равным $(0,05-0,10)L$, м.

2.13 Оценка риска разрушения дамбы канала вследствие фильтрационных процессов определяется по формуле:

$$\lambda_T = \frac{\gamma_n}{K_{H_{J_{est,m}^T}}^{гар}} \cdot \lambda_n, \quad (16)$$

где γ_n – коэффициент надежности;

λ_n – нормативный риск, определяемый в зависимости от класса сооружения для основного вида нагрузок по СП 58.13330.2012, 1/год [18].

Риск разрушения дамбы канала вследствие фильтрационных процессов можно установить через гарантированный коэффициент надежности, который определяется по формуле:

$$K_{HJ_{est,m}}^{rap} = \frac{J_{cr,m}^T - m_{J_{cr,m}^T}}{J_{est,m}^T + m_{J_{est,m}^T}}; \quad (17)$$

$$m_{J_{cr,m}} = \sigma_{J_{cr,m}} \cdot t_{\alpha}; \quad m_{J_{est,m}} = \sigma_{J_{est,m}} \cdot t_{\alpha}, \quad (18)$$

где $\sigma_{J_{cr,m}}$, $\sigma_{J_{est,m}}$ – среднеквадратическое отклонение, соответственно, критического и среднего градиентов;

t_{α} – коэффициент Стьюдента.

2.14 Оценка риска разрушения основания дамбы канала вследствие общих фильтрационных деформаций определяется по формулам:

$$\lambda_O = \frac{\gamma_n}{K_{HJ_{est,m}^o}} \lambda_n; \quad (19)$$

$$K_{HJ_{est,m}^o} = \frac{J_{cr,m}^o - m_{J_{cr,m}^o}}{J_{est,m}^o + m_{J_{est,m}^o}}, \quad (20)$$

2.15 Общий риск разрушения дамбы канала составит сумму рисков разрушения тела и основания дамбы канала:

$$\lambda = \lambda_T + \lambda_O. \quad (21)$$

Если значение общего риска разрушения дамбы канала превысит значение нормативного риска, то это свидетельствует о большой вероятности возникновения аварийной ситуации.

2.16 Примеры расчета риска разрушения дамбы канала, проложенного в насыпи, по предложенной выше методике и полученным формулам приведены в таблице 1.

На основании анализа результатов расчета для первого расчетного случая можно заключить следующее: риск разрушения дамбы канала по средним градиентам не превышает нормативный.

Однако не выполняется условие местной фильтрационной прочности грунта при выходе фильтрационного потока на приканальную территорию, что свидетельствует о возможности локальных разрушений грунта основания за дамбой.

Таблица 1 – Результаты расчета фильтрационных характеристик и риска разрушения дамбы магистрального канала на участке в насыпи

№ п/п	Исходные данные и определяемые величины	Результаты расчетов		
1	Исходные данные к расчетному случаю	$H = 20$ м, $m_1 = 3$, $m_2 = 2$, $d = 1$ м, $b_{гр} = 8$ м, $T = 10$ м, $K_T = 1$ м/сут, $K_O = 0,3$ м/сут, $h_0 = 5$ м, $b = 6$ м, $\gamma_n = 1,1$		
	Удельные фильтрационные расходы, м ² /сут	q_T	q_O	q
		3,620	0,485	7,930
	Высота выхода кривой депрессии на низовой откос h_1 , м	9,08		
	Критические средние градиенты	$J_{cr,m}^T$	$J_{cr,m}^O$	-
		1,0	1,0	-
	Действующие средние градиенты	$J_{est,m}^T$	$J_{est,m}^O$	-
		0,328	0,162	-
	Максимальный местный градиент напора $J_{est,max}^T$	1,670		
	Риск разрушения тела и основания дамбы канала, $\times 10^{-3}$ 1/год	λ_T	λ_O	λ
1,87		0,89	2,76	
Нормативный риск для IV класса сооружений λ_H , $\times 10^{-3}$ 1/год	5,0			
2	Исходные данные к расчетному случаю	$H = 30$ м, $m_1 = 2$, $m_2 = 1$, $d = 0,5$ м, $b_{гр} = 4$ м, $T = 20$ м, $K_T = 1$ м/сут, $K_O = 0,6$ м/сут, $h_0 = 6$ м, $b = 10$ м, $\gamma_n = 1,2$		
	Удельные фильтрационные расходы, м ² /сут	q_T	q_O	q
		9,23	2,88	24,2
	Высота выхода кривой депрессии на низовой откос h_1 , м	14,7		
	Критические средние градиенты	$J_{cr,m}^T$	$J_{cr,m}^O$	-
		0,75	1,0	-
	Действующие средние градиенты	$J_{est,m}^T$	$J_{est,m}^O$	-
		0,632	0,240	-
	Максимальный местный градиент напора $J_{est,max}^T$	2,65		
	Риск разрушения тела и основания дамбы канала, $\times 10^{-4}$ 1/год	λ_T	λ_O	λ
5,23		1,49	6,72	
Нормативный риск λ_H для II класса сооружений, $\times 10^{-4}$ 1/год	5,0			

Анализ результатов для второго расчетного случая свидетельствует о том, что здесь будут образовываться общие фильтрационные деформа-

ции в виде сосредоточенных ходов фильтрации. Риск разрушения дамбы канала превышает нормативный, что свидетельствует о большой вероятности возникновения аварийной ситуации.

3 Примеры расчетов по оценке риска разрушения дамб действующих каналов на потенциально опасных участках в насыпи

3.1 **Пример 1.** Оценка риска разрушения участков в насыпи Донского МК.

Исходные данные: пользуясь продольным профилем Донского магистрального канала на ПК 499+00-ПК 1115+79 для расчета были выбраны участки канала в насыпи: ПК 530-540, ПК 555-565, ПК 605-620, ПК 655-665, ПК 703-707, ПК 750-755 и ПК 758-768.

Ввиду полигонального поперечного профиля канала коэффициенты заложения верхового и низового откоса принимались равными 4.

Исходные данные для расчетов приведены в таблице 2.

Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета риска аварии участков в насыпи Донского МК

№ п/п	Участки ДМК в насыпи	Исходные данные для расчета риска аварии
1	ПК 530-540	$m_1 = m_2 = 4$, $d = 1,0$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 12$ м, $h_0 = 4,9$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 14,0$ м, $T = 8,2$ м
2	ПК 555-565	$m_1 = m_2 = 4$, $d = 0,98$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 12$ м, $h_0 = 4,9$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 9,62$ м, $T = 4,72$ м
3	ПК 605-620	$m_1 = m_2 = 4$, $d = 1,1$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 12$ м, $h_0 = 4,9$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 10,64$ м, $T = 5,74$ м
4	ПК 655-665	$m_1 = m_2 = 4$, $d = 0,50$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 12$ м, $h_0 = 4,9$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 9,7$ м, $T = 4,8$ м
5	ПК 703-707	$m_1 = m_2 = 4$, $d = 1,0$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 12$ м, $h_0 = 4,9$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 15,0$ м, $T = 10,1$ м
6	ПК 750-755	$m_1 = m_2 = 4$, $d = 0,99$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 12$ м, $h_0 = 4,9$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 15,0$ м, $T = 10,1$ м
7	ПК 758-768	$m_1 = m_2 = 4$, $d = 1,0$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 12$ м, $h_0 = 4,9$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 10,0$ м, $T = 5,1$ м

Таблица 3 – Расчеты фильтрации и оценка риска аварии для участков в насыпи Донского МК

№ п/п	Участки ДМК в насыпи	h_1	q_T , м ² /сут	q_O , м ² /сут	$J_{est,m}^T$	$J_{est,m}^O$	$J_{est,max}^T$	λ_T , $\times 10^{-4}$ 1/год	λ_O , $\times 10^{-4}$ 1/год	λ , $\times 10^{-4}$ 1/год
1	ПК 530-540	6,660	0,320	0,168	0,185	0,102	1,276	1,15	0,634	1,784
2	ПК 555-565	2,050	0,104	0,023	0,150	0,097	0,823	0,931	0,604	1,535
3	ПК 605-620	4,476	0,222	0,116	0,173	0,101	1,080	1,07	0,625	1,697
4	ПК 655-665	4,478	0,223	0,101	0,184	0,106	1,228	1,14	0,655	1,798
5	ПК 703-707	7,310	0,347	0,205	0,188	0,101	1,319	1,17	0,630	1,794
6	ПК 750-755	7,310	0,347	0,205	0,188	0,102	1,322	1,17	0,630	1,795
7	ПК 758-768	4,180	0,208	0,103	0,172	0,101	1,073	1,07	0,629	1,699

На основании анализа результатов расчетов для всех расчетных случаев можно заключить следующее: риск разрушения дамбы канала по средним градиентам не превышает нормативного значения принятого $\lambda_n = 5 \cdot 10^{-4}$ 1/год. Однако на всех рассматриваемых участках, кроме ПК 555-565 (55-56 км), не выполняется условие местной фильтрационной прочности грунта при выходе фильтрационного потока на приканальную территорию, что свидетельствует о возможности локальных разрушений грунта в виде суффозии или выпора.

3.2 **Пример 2.** Оценка риска разрушения участков в насыпи Пролетарского МК.

Исходные данные для расчетов приведены в таблице 4.

Результаты вычислений приведены в таблице 5.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета риска аварии участков в насыпи Пролетарского МК

№ п/п	Участки ПМК в насыпи	Исходные данные для расчета риска аварии
1	С высотой насыпи до 3 м	$m_{1cp} = 3$, $m_2 = 3$, $d = 0,6$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 4$ м, $h_0 = 4,5$ м, $K_T = K_O = 0,15$ м/сут, $H = 3$ м
2	С высотой насыпи от 3 до 4 м	$m_{1cp} = 3$, $m_2 = 3$, $d = 0,6$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 4$ м, $h_0 = 4,5$ м, $K_T = K_O = 0,15$ м/сут, $H = 4$ м
3	С высотой насыпи от 4 до 6 м	$m_{1cp} = 3$, $m_2 = 3$, $d = 0,6$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 4$ м, $h_0 = 4,5$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 6$ м
4	С высотой насыпи до 8 м	$m_{1cp} = 3$, $m_2 = 3$, $d = 0,6$ м, $b_{гр} = 6$ м, $b = 4$ м, $h_0 = 4,5$ м, $K_T = K_O = 0,2$ м/сут, $H = 8$ м

Таблица 5 – Расчеты фильтрации и оценка риска аварии для участков в насыпи Пролетарского МК

№ п/п	Участки ПМК с высотой насыпи	h_1	q_T , м ² /сут	q_0 , м ² /сут	$J_{est,m}^T$	$J_{est,m}^O$	$J_{est,max}^T$	λ_T , ×10 ⁻⁴ 1/год	λ_0 , ×10 ⁻⁴ 1/год	λ , ×10 ⁻⁴ 1/год
1	До 3 м	0,812	0,041	0,002	0,169	0,117	0,892	0,959	0,669	1,628
2	От 3 до 4 м	1,110	0,056	0,002	0,172	0,119	0,928	0,981	0,679	1,660
3	От 4 до 6 м	2,040	0,102	0,029	0,200	0,128	1,175	1,138	0,728	1,866
4	До 8 м	3,111	0,150	0,067	0,217	0,128	1,398	1,237	0,729	1,966

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что для всех расчетных случаев риск аварии дамб Пролетарского МК не превышает нормативного значения. Однако возможны разрушения грунта дамб при выходе фильтрационного потока на приканальную территорию при высоте насыпи дамб от 3 до 8 м.

4 Рекомендуемые мероприятия по предупреждению и устранению аварийных ситуаций на потенциально опасных участках каналов

4.1 Для достоверной оценки надежности и безопасности гидротехнических сооружений необходимо ведение систематических наблюдений за качеством их эксплуатации со сбором и обобщением данных о работе отдельных элементов и регистрацией в специальном журнале:

- всех случаев отказов в работе, их частоты, интенсивности и среднего значения времени между соседними отказами (наработки на отказ);
- проведенных мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности;
- даты, времени и причины возникновения отказа и его устранения;
- конкретного места, характеристики отказа и размера причиненных повреждений;
- времени на отыскание повреждения, ожидание ремонта и его проведение;
- затрат материалов деталей, рабочей силы и денежных средств на устранение повреждения.

4.2 Безопасность эксплуатации канала на участках в насыпи повыша-

ется за счет установления стабильной пропускной и транспортирующей способности.

4.3 В начальный период эксплуатации канала необходим усиленный режим наблюдений за фильтрацией из канала и работой дренажных систем.

4.4 В состав профилактических и ремонтных мероприятий по исключению оползней на участках в насыпи входят:

- регулярный наружный осмотр, промеры заложения откосов и берм, их своевременный ремонт;
- обследование состояния оползневого массива с выявлением необходимых работ по заделке трещин, деформаций и разрывов в грунте;
- устройство облицовок канала для обеспечения уменьшения фильтрации;
- уширение насыпей;
- быстрый сбор и отвод воды с нагорной стороны насыпи; перехват и отвод от насыпи грунтовых вод;
- возведение поддерживающего сооружения;
- отсыпка камня с низовой стороны насыпи;
- надзор за состоянием водоохранной зоны.

4.5 При выпучивании грунтов с низовой стороны дамбы канала в насыпи необходимо систематически проводить наблюдения за состоянием грунта за дамбой и зондировкой этого участка металлическим щупом. В местах, где выпучивание грунтов с низовой стороны дамбы канала в насыпи связано с наличием грунтовых вод, необходимо устраивать дренажи для перехвата и отвода воды.

4.6 Основные мероприятия по предупреждению и устранению аварийных ситуаций на потенциально опасных участках каналов и периодичность их проведения представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Мероприятия по предупреждению и устранению аварийных ситуаций на потенциально опасных участках магистральных каналов в земляном русле

№ п/п	Наименование мероприятий	Периодичность проведения	Повышение показателей надежности и безопасности
1	2	3	4
1	Поддержание стабильной пропускной и транспортирующей способности по всей длине канала	Постоянно	Повышение показателей надежности и безопасности канала на 10-40 %
2	Режимные наблюдения за фильтрацией и работой приканального дренажа на потенциально опасных участках	Постоянно	
3	Регулярный наружный осмотр искусственных насыпей, промеры заложения откосов и берм. Надзор за состоянием водоохранной зоны	Постоянно	
4	Промеры отметок верха дамб канала, контроль за оседанием грунта тела и основания дамб канала	Постоянно	
5	Систематические наблюдения за состоянием грунта за дамбой и зондировка опасного участка металлическим щупом	Постоянно	
6	Очистка канала от растительности, мусора и наносов	1 раз в 1-2 года	Увеличение пропускной способности в 2-3,5 раза
7	Восстановление проектного поперечного сечения канала	1 раз в 1-2 года	
8	Ликвидация деформаций русла канала при размывах (подсечек) и действии ветровых волн (ветровая и водная эрозия)	Постоянно	Повышение КПД канала на 3-5 %. Уменьшение фильтрационных потерь в 5-10 раз. Повышение общей и местной фильтрационной прочности грунта тела и основания дамбы, увеличение длины пути фильтрации
9	Исключение деформаций русла канала связанных с развитием карстово-суффозионных процессов, заделка трещин с использованием конструкций из геомембран и габионных матов	1 раз в 3 года	
10	Ликвидация просадок дамб на потенциально опасных участках по средствам уширения насыпей, отвода воды с нагорной стороны насыпи, перехват и отвод от насыпи грунтовых вод. Восстановление проектных отметок дамб. Возведение поддерживающего сооружения. Укрепление откосов	1 раз в 2-3 года	
11	Устранение оползней на откосах с устройством противофильтрационных устройств или облицовок. Уполаживание низового откоса дамб канала	1 раз в 2 года	

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
12	Исключение выпучивания грунта с низовой стороны дамбы канала в насыпи или на косогоре по средствам устройства дренажа для перехвата и отвода воды или древесной посадки вдоль канала.	1 раз в 2 года	
13	Устранение фильтрационных деформаций (мокрых пятен, суффозии, выпора) при выходе фильтрационного потока на низовой откос путем устройства противофильтрационных устройств или «одежд»	1 раз в 3-5 лет	
14	Текущий ремонт канала	1 раз в 1-3 года	Уменьшение общего риска возникновения аварийной ситуации на потенциально опасных участках канала на 10-20 %
15	Капитальный ремонт канала	1 раз в 5-10 лет	Уменьшение общего риска возникновения аварийной ситуации на потенциально опасных участках канала до значений, не превышающих нормативного λ_H

5 Новые технические решения по противофильтрационной защите дамб каналов из грунтовых материалов

5.1 Для повышения надежности и безопасности дамб каналов из грунтовых материалов высотой до 10 м разработана противофильтрационная диафрагма, конструкция которой представлена на рисунках 2 и 3.

Противофильтрационная диафрагма состоит из плит двух типов А (рисунок 4) и Б (рисунок 5), изготовленных из отходов полиолефинов, снабженных внутренними и наружными полуцилиндрическими выступами и каналами плотно соприкасающимися между собой, препятствующими их сдвигу в процессе эксплуатации и проникновению фильтрационных вод в нижний бьеф.

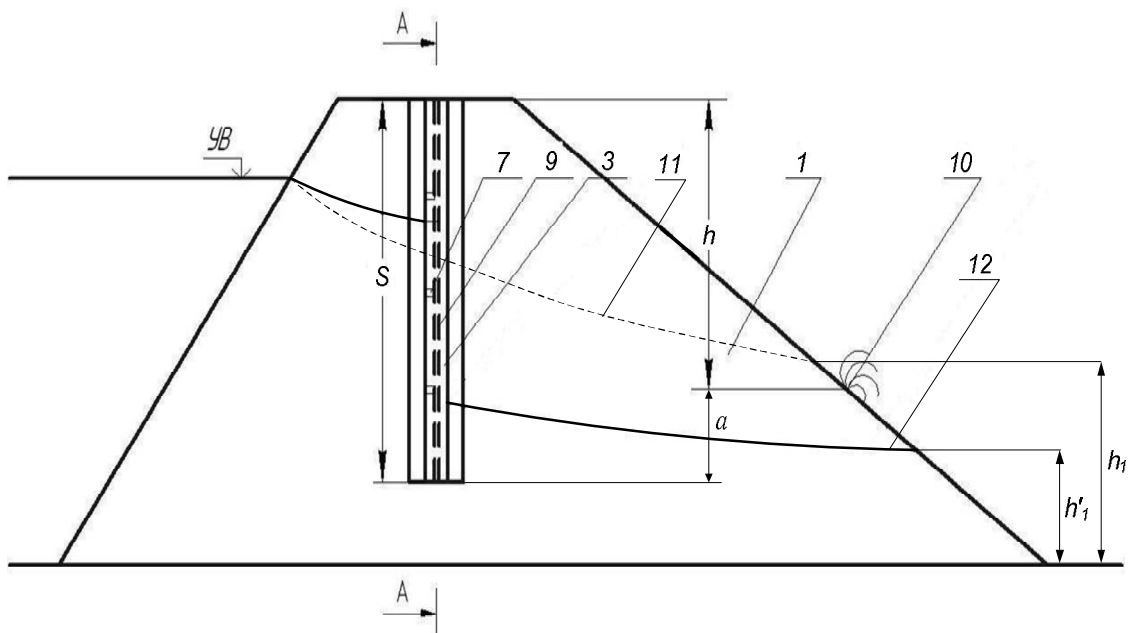


Рисунок 2 – Общий вид противофильтрационной диафрагмы в теле водоподпорного сооружения

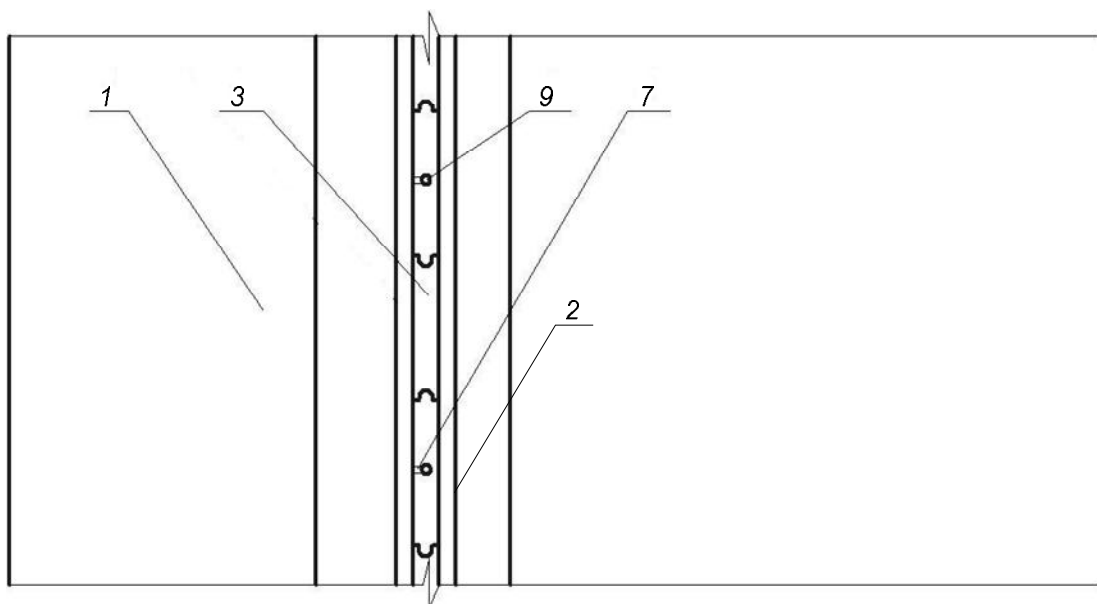


Рисунок 3 – Противофильтрационная диафрагма в теле водоподпорного сооружения (вид сверху)

Повышение эксплуатационной надежности и безопасности дамб каналов достигается следующим образом. При выявлении очагов фильтрационных деформаций на низовом откосе низконапорной плотины или дамбы в виде грифонов и ключей определяют положение выхода кривой депрессии фильтрационного потока. Затем собирают противофильтрационную диафрагму.

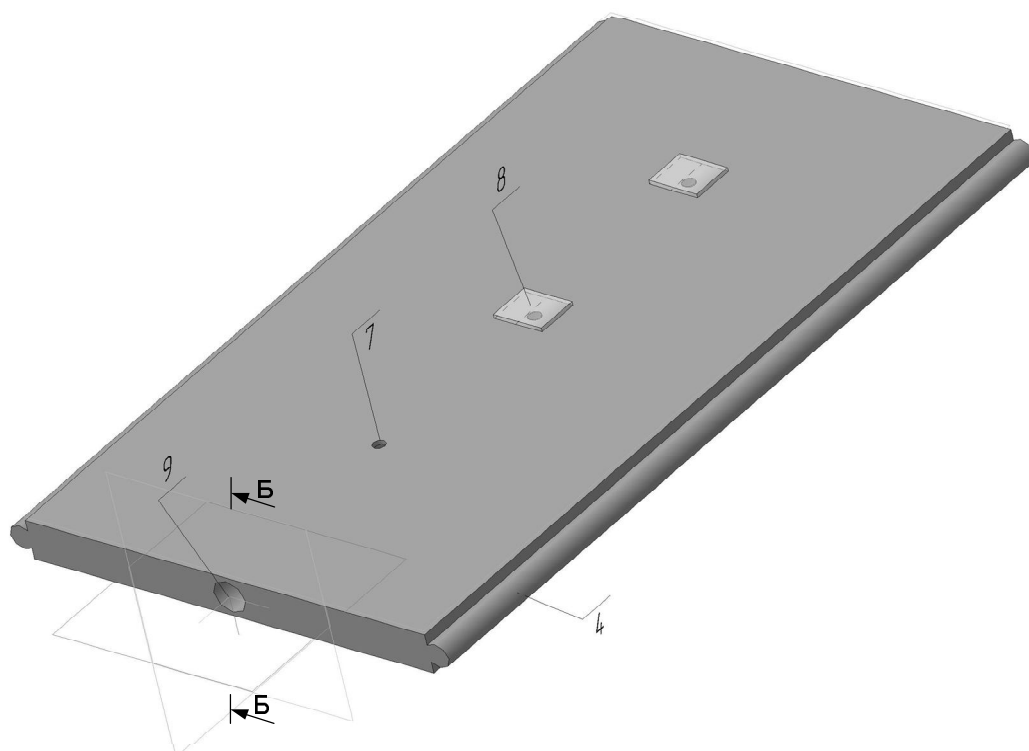


Рисунок 4 – Плита типа А

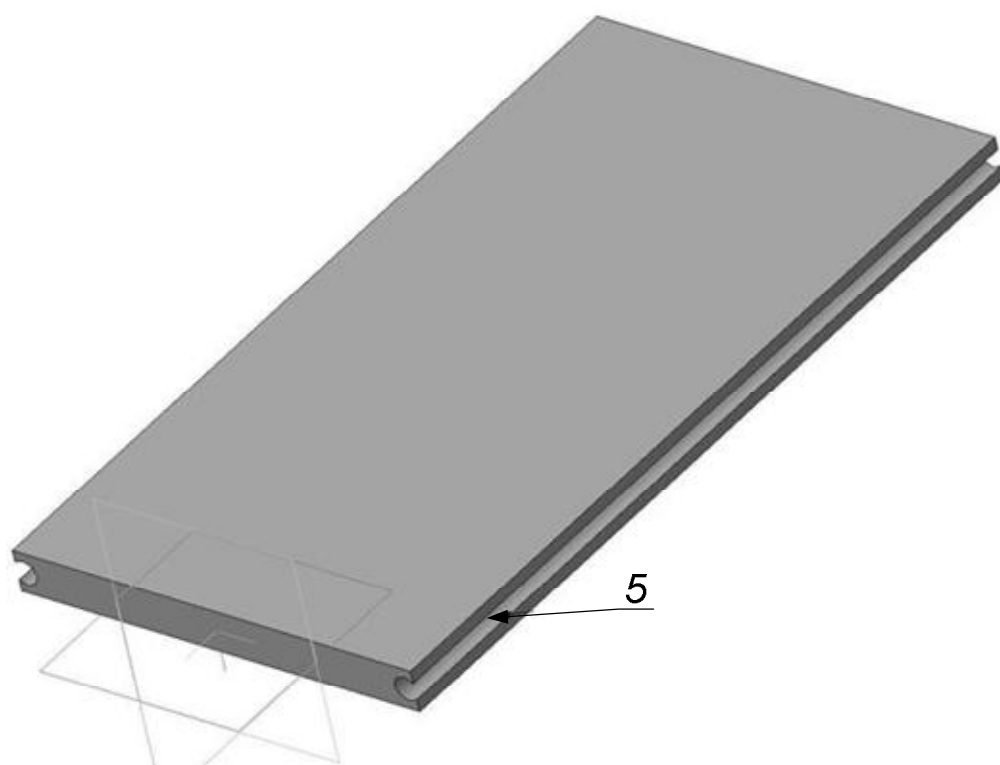


Рисунок 5 – Плита типа Б

В теле дамбы канала 1 формируют траншею 2, из плит типа А и плит типа Б собирают противофильтрационную диафрагму 3, путем соединения наружных полуцилиндрических выступов 4 и внутренних полуцилиндри-

ческих каналов 5, к противofильтрационной диафрагме прикрепляют полотна нетканого геотекстиля, выполняющего роль обратного фильтра 6, затем диафрагму опускают в траншею 2, ориентируя отверстия 7, защищенные фильтром из геотекстиля 8, в сторону верхнего бьефа. Далее производится засыпка траншеи 2. В процессе эксплуатации специалистами эксплуатирующей организации могут проводиться наблюдения за положением уровня грунтовых вод в теле водоподпорного сооружения путем замера уровня воды в продольной цилиндрической полости 9.

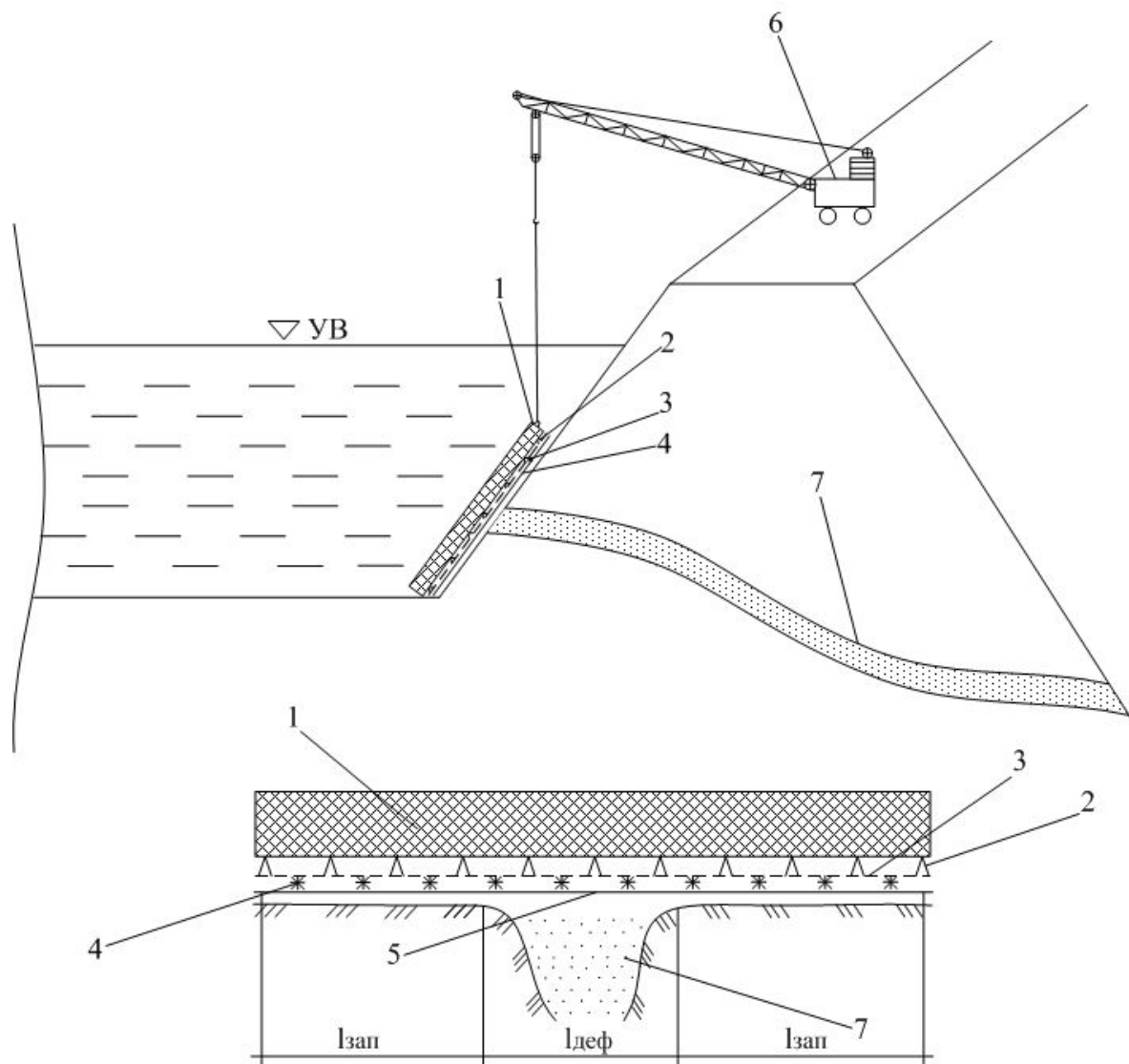
Противofильтрационная диафрагма работает следующим образом. Фильтрационный поток, встречая на своем пути противofильтрационную диафрагму 3, гасит значительную часть фильтрационного напора, в результате чего происходит значительное понижение кривой депрессии 11 до положения 12, вследствие чего снижаются выходные градиенты фильтрационного потока до безопасных значений, исключая дальнейшее появление фильтрационных деформаций.

Предлагаемая противofильтрационная диафрагма дамб из грунтовых материалов позволит устранить фильтрацию через тело водоподпорного сооружения; выполнение противofильтрационной диафрагмы из плит, изготовленных из отходов полиолефинов, способствует удешевлению конструкции и вторичной переработке отходов полимеров; наличие обратного фильтра из геотекстиля исключит вероятность выноса грунта по контуру противofильтрационной диафрагмы.

5.2 Для повышения безопасности эксплуатации дамб каналов на участках в насыпи предлагается способ заделки фильтрационных ходов и трещин в размываемых руслах каналов, который может использоваться для ликвидации очага фильтрационных деформаций в каналах под водой без их опорожнения. Предлагаемый способ повышает качество укладки, производительность и водонепроницаемость за счет использования габионно-геомембранной конструкции защитного покрытия.

На рисунке 6 изображена укладка габионно-геомембранной конст-

рукции и заделка очага фильтрационных деформаций в дамбе канала, а также ширина габрионно-геомембранной конструкции, необходимая для заделки очага фильтрации.



1 – арматурные каркасы с габрионами; 2 – алюминиевая проволока; 3 – геотекстиль; 4 – контактный клей; 5 – полотнище геомембраны; 6 – подъемный кран; 6 – свободный фильтрационный ход

Рисунок 6 – Укладка габрионно-геомембранной конструкции и заделка очага фильтрационных деформаций

При возникновении очага фильтрационных деформаций в теле дамбы канала определяют его размеры, после чего собирают габрионно-геомембранную конструкцию.

Габрионы размещают в решетчатые арматурные каркасы 1, заранее изготовленные по размерам 4×3×0,3 м, весом 37 кг, к которым по всему

периметру алюминиевой проволокой 2 через 1,0-1,5 метра прикрепляется тканый геотекстиль 3, обладающий высокой прочностью, малой деформируемостью, высокой водопроницаемостью и средней плотностью (600 г/м²). На тканый геотекстиль 3 через 0,5-1 м по периметру покрытия наносится универсальный, водостойкий, контактный клей 4, и приклеивается полотнище геосинтетической гладкой геомембраны 5. После этого готовая габионно-геомембранная конструкция с помощью крана 5 погружается под воду на откос с помощью подъемного крана 6, и тем самым заделывается свободный фильтрационный ход 7 в дамбе канала.

Преимуществом предлагаемого способа заделки очага фильтрационных деформаций в дамбе канала является быстрота и простота производства работ, локализация фильтрационного хода, полная водонепроницаемость за счет использования габионно-геомембранной конструкции.

Список использованной литературы

1 Щедрин, В. Н. Безопасность гидротехнических сооружений мелиоративного назначения / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, Е. И. Шкуланов. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 268 с.

2 Розанов, Н. Н. Моделирование работы гидротехнических сооружений / Н. Н. Розанова. – М.: Изд-во РУДН, 1998. – 108 с.

3 Баламирзоев, А. Г. Методика расчета фильтрационной безопасности гидротехнических сооружений на трещиноватом загипсованном основании / А. Г. Баламирзоев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2005. – № 4. – С. 78-86.

4 Вероятностные методы оценки надежности грунтовых гидротехнических сооружений / Е. Н. Белендир, Д. А. Ивашинцов, Д. В. Стефанишин [и др.]. – СПб.: Изд-во «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2003. – Т. 1, 2. – 546 с., 524 с.

5 Косиченко, Ю. М. Каналы переброски стока России / Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 470 с.

6 Косиченко, Ю. М. Вопросы безопасности и эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений мелиоративного назначения / Ю. М. Косиченко // Природообустройство. – 2008. – № 3 – С. 67-71.

7 Косиченко, Ю. М. Современное техническое состояние и уровень безопасности Донского и Пролетарского магистральных каналов / Ю. М. Косиченко, Е. И. Шкуланов, Г. Л. Лобанов // Инновационные технологии повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ГНУ ПНИИЭМТ. – Волгоград, 2010. – С. 239-245.

8 Косиченко, Ю. М. Оценка уровня фильтрационной безопасности земляных плотин и эффективность инженерной защиты малых водохранилищ / Ю. М. Косиченко, В. А. Белов, М. Ю. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 2001. – 58 с.

9 Косиченко, Ю. М. Исследования фильтрационных потерь из каналов оросительных систем / Ю. М. Косиченко // Мелиорация и водное хо-

зьяйство. – 2006. – № 6. – С. 36-41.

10 Косиченко, Ю. М. Вероятностная модель эксплуатационной надежности крупных каналов / Ю. М. Косиченко, Ю. И. Иовчу, М. Ю. Косиченко // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 12. – С. 39-45.

11 Волосухин, В. А. Использование водных ресурсов и безопасность гидротехнических сооружений в бассейне р. Кубань / В. А. Волосухин, М. А. Волинов // Мелиорация и водное хозяйство. – № 4. – 2007. – С. 65-68.

12 Анахаев, К. Н. Расчет фильтрации через земляные плотины на проницаемом основании разной мощности / К. Н. Анахаев, Ж. Х. Шогенова, Б. Х. Амшочков // Гидротехническое строительство. – 2011. – № 2. – С. 29-33.

13 Косиченко, Ю. М. Определение вероятного риска аварии крупного канала вследствие фильтрационных деформаций [Электронный ресурс] / Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 1(05). – 12 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=82&id=94>. – Шифр Информрегистра 0421200154\0007.

14 Косиченко, Ю. М. Расчет фильтрации через дамбу канала в насыпи и оценка риска аварийных ситуаций / Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2012. – № 4. – С. 77-81.

15 Бакланова, Д. В. Расчетное обоснование вероятности разрушения потенциально опасных участков крупного канала от фильтрационных воздействий / Д. В. Бакланова // Природообустройство. – 2013. – № 2. – С. 43-48.

16 Плотины из грунтовых материалов: СП 39.13330.2012: утв. Приказом Минрегиона России 29.12.2011: введ. в действие с 01.01.13. – М.: Минрегион России, 2012. – 90 с.

17 Основания гидротехнических сооружений: СП 23.13330.2011: утв.

Приказом Минрегиона России 28.12.2010: введ. в действие с 20.05.11. – М.: ЦПП, 2011 – 74 с.

18 Гидротехнические сооружения. Основные положения: СП 58.13330.2012: утв. Приказом Минрегиона России 29.12.2011: введ. в действие с 01.01.13. – М.: Минрегион России, 2012. – 43 с.