

Е.Д. МИХАЙЛОВ

## ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРАБОТКИ ГРУНТОВОЙ ВСТАВКИ РЕЗЕРВНОГО ВОДОСБРОСА

HYDRAULIC PERFORMANCE EVALUATION OF DRAWDOWN DIRT INSERT OF A RESERVE WATER OUTLET

Целью работы является оценка эффективности сработки грунтовой вставки резервного водосброса. Для этого используются общепринятые методы гидравлических расчетов. В статье приведена расчетная схема воздействия поверхностного и фильтрационного потока на грунтовую вставку резервного водосброса. Описан механизм размыва грунта вставки при воздействии поверхностного и фильтрационного потока. Приведена эмпирическая формула для определения коэффициента расхода на основе проведенных экспериментальных исследований. Рассмотрен практический пример расчета поверхностной, размывающей, неразмывающей и критической скоростей потока. Определены градиенты для контактного размыва грунта. Выполнен анализ полученных результатов на основе гидравлических расчетов.

**Ключевые слова:** резервный водосброс, размываемая грунтовая вставка, поверхностный поток, фильтрационный поток.

Разрушения гидротехнических сооружений (ГТС) могут сопровождаться весьма значительными ущербами экономического, социального и экологического характера. В России за последние 5 лет имели место более 300 аварий ГТС (по данным Росводресурса), в основном это ГТС IV, частично III класса, численность которых составляет 95 % от общего их количества.

Поэтому в настоящее время одним из актуальных вопросов в рассмотрении проблем, связанных с обеспечением безопасной работы всего гидроузла в целом [1–6], является учет условий работы водосбросных сооружений и повышение уровня их безопасности за счет специальных инженерных и эксплуатационных решений. Одним из таких решений может быть применение резервного водосброса, предназначенного для пропуска паводков редкой повторяемости. Автором статьи была разработана конструкция резервного водосброса с размываемой вставкой [7, 8]. Интерес к исследованию этого вопроса был вызван распространением в последнее время идей включения в напорный фронт гидроузлов ре-

*The aim of this work is to assess the effectiveness of triggering a dirt insert of a reserve water outlet. For this purpose, conventional methods of hydraulic calculations. The article presents a calculation scheme of impact of surface and seepage flow onto a dirt box of a reserve water outlet. The paper also describes the mechanism of erosion of the soil paste under the influence of surface and seepage flow. The article presents the empirical formula for determination of flow coefficient on the basis of experimental studies. Examine a practical example of calculating a surface blur, not washing away and critical flow velocities. We have also identified the gradients of contact erosion for soil. The analysis of the results obtained on the basis of hydraulic calculations.*

**Key words:** reserve water outlet, washing away dirt box, surface flow, the filtration flow.

зервных водосбросных сооружений с размываемой вставкой [9–11].

Принцип работы такой конструкции заключается в том, что в случае, когда основной водосброс не справляется с пропуском паводка расчетной обеспеченности, то происходит аккумуляция воды в водоеме и в определенный момент времени, когда уровень воды достигнет форсированного подпорного уровня (ФПУ), произойдет размыв грунтовой вставки резервного водосброса. Поэтому работоспособность водосброса зависит от размыва вставки.

Исследованиями аварийных ситуаций грунтовых плотин занимались С.А. Кремез, А.М. Прудовский, Н.И. Иващенко, К.Р. Пономарчук, Ю.М. Косиченко, П.М. Богославчик, И.В. Филиппович, Н.Н. Розанов, Г.М. Каганов, И.А. Секисова, В.И. Волков, О.М. Финагенов, С.Н. Белякова, Д.В. Стефанишин и др. [12].

Для оценки эффективности сработки грунтовой вставки резервного водосброса необходимо провести расчет воздействия как поверхностного потока при переливе через гребень, так и фильтрационно-

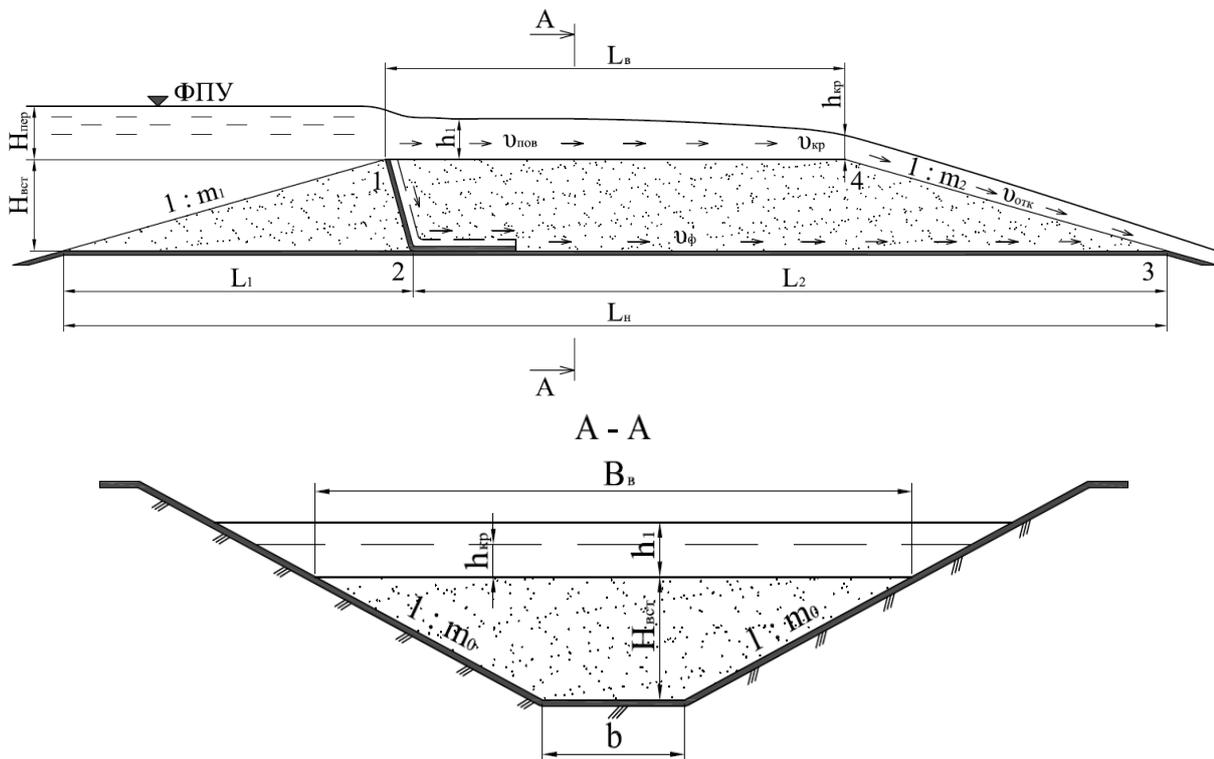


Рис. 1. Расчетная схема воздействия поверхностного и фильтрационного потока на грунтовую вставку резервного водосбора:  
 а – продольное сечение грунтовой вставки; б – поперечное сечение грунтовой вставки

го потока, возникающего по контуру водосливного экрана, на размываемую способность грунтовой вставки. Расчетная схема воздействия поверхностного и фильтрационного потока на грунтовую вставку приведена на рис. 1.

Механизм размыва грунта на гребне вставки заключается в воздействии на частицы грунта переливающегося поверхностного потока, и при превышении размывающей скорости будет происходить сначала размыв отдельных частиц, а затем агрегатов, включающих несколько частиц. При этом наиболее вероятно, что размыв будет начинаться в первую очередь на низовой грани откоса 4-3, где скорости течения будут наибольшими.

С другой стороны, по контуру 1-2-3 будет проходить интенсивный фильтрационный поток вдоль сильнофильтрующего слоя геотекстиля (например, дорнита), имеющего коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении до 60-100 м/сут. Вследствие воздействия фильтрационного потока на границы грунта вдоль контура 1-2-3 возможен их контактный размыв при превышении градиентов фильтрации допустимых значений. Рассмотрим сначала расчет переливающегося через гребень

грунтовой вставки поверхностного потока. Средняя скорость поверхностного потока на гребне будет определяться известной зависимостью [13]:

$$v_{нов} = \varepsilon\phi\sqrt{2gH_{пер}}, \quad (1)$$

где  $v_{нов}$  – скорость поверхностного потока, м/с;  $\varepsilon$  – коэффициент бокового сжатия;  $\phi$  – коэффициент скорости;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $H_{пер}$  – напор переливающегося потока перед грунтовой вставкой, м.

Тогда расход поверхностного потока найдем как произведение площади живого сечения 1-1 с глубиной  $h_1$  на среднюю скорость:

$$Q = \omega_1 v_{нов}, \quad (2)$$

где  $Q$  – расход поверхностного потока, м<sup>3</sup>/с;  $\omega_1$  – площадь живого трапецидального сечения потока, приведенного к прямоугольному сечению, м<sup>2</sup>.

Площадь живого трапецидального сечения потока определяется по формуле

$$\omega_1 = (B_1 + m_0 h_1) h_1, \quad (3)$$

где  $B_1$  – ширина грунтовой вставки по верху, м;  
 $m_0$  – коэффициент заложения откосов водослива трапецидального сечения;  $h_1$  – глубина на водосливе трапецидального сечения до размыва грунтовой вставки, м.

Подставляя зависимости (1) и (3) в (2), получим следующую формулу:

$$Q = \varepsilon\phi (B_1 + m_0 h_1) h_1 \sqrt{2gH_{неp}}. \quad (4)$$

Заменяя  $\varepsilon\phi$  на коэффициент расхода  $m$  и  $B_1$  на  $b + 2m_0 H_{вст}$ , запишем выражение (4) в следующем виде:

$$Q = m(b + 2m_0 H_{вст} + m_0 h_1) h_1 \sqrt{2gH_{неp}}, \quad (5)$$

где  $b$  – ширина грунтовой вставки по низу, м;  
 $H_{вст}$  – высота грунтовой вставки, м.

По существу, полученная формула (5) представляет собой формулу расхода водослива с широким порогом, по типу которого будет работать грунтовая вставка. Для определения коэффициента расхода водослива  $m$  могут использоваться зависимости А.Р. Березинского, М.Д. Чертоусова и других авторов [13, 14]. Применительно к резервному водосбросу данной конструкции автор работы получил уточненную формулу Х.А. Тибара для водослива с широким порогом при  $\frac{P}{H} > 3$  [15]:

$$m = 0,301 + 0,0603\sigma, \quad (6)$$

где  $\sigma$  – относительная высота порога водослива.

Относительная высота порога водослива определяется по следующей зависимости:

$$\sigma = \frac{(B_1 + m_0 H_{неp}) H_{неp}}{B_0 (H_{неp} + P)}, \quad (7)$$

где  $B_0$  – ширина подводящего русла, м;  $P$  – высота порога водослива, м.

Согласно П. Г. Киселеву [14], глубину  $h_1$  на гребне водослива с широким порогом можно заметить:

$$h_1 = kH_{неp}, \quad (8)$$

где  $k$  – коэффициент, определяемый по графику  $k = f(m)$ .

С учетом последнего соотношения (8) расчетная формула истечения через гребень грунтовой вставки получит вид:

$$Q = m(B_1 + kH_{неp} m_0) k \sqrt{2gH_{неp}}^{3/2}. \quad (9)$$

Средняя скорость поверхностного потока при переливе через гребень грунтовой вставки определяется по формуле

$$v_{нов} = \frac{Q}{\omega_1}. \quad (10)$$

Условие размыва грунта вставки будет выполняться тогда, когда средняя поверхностная скорость потока будет превышать размывающую для данного грунта:

$$v_{нов} \geq v_p, \quad (11)$$

где  $v_p$  – размывающая скорость потока.

При этом размываемая скорость потока может быть вычислена по допускаемой неразмывающей скорости:

$$v_p = 1,3v_{нр}, \quad (12)$$

где  $v_{нр}$  – допускаемая неразмывающая скорость потока, м/с.

Следует отметить, что в научно-технической литературе [14, 16, 17] приводится много формул для определения неразмывающей скорости  $v_{нр}$ : В.Н. Гончарова, В.С. Кнороза, И.И. Леви, В.С. Лапшенкова, Ц.Е. Мирцхулавы и др. Приведем здесь только формулы Ц.Е. Мирцхулавы [14], как наиболее обоснованные и вошедшие в нормативные документы:

а) для однородных несвязных грунтов

$$v_{нр} = \lg \left( \frac{8,8H}{d} \right) \sqrt{\frac{2gm}{0,44\gamma_0 n} [(\gamma_1 - \gamma_0)d + 2C_d^H k]}; \quad (13)$$

$$v_{дон.нр} = 1,25 \sqrt{\frac{2gm}{0,44\gamma_0 n} [(\gamma_1 - \gamma_0)d + 2C_d^H k]}; \quad (14)$$

б) для связных грунтов

$$v_{нр} = \lg \left( \frac{8,8H}{d} \right) \sqrt{\frac{2gm}{2,6\gamma_0 n} [(\gamma_1 - \gamma_0)d + 1,25C_y^H k]}; \quad (15)$$

$$v_{дон.нр} = 1,25 \sqrt{\frac{2gm}{2,6\gamma_0 n} [(\gamma_1 - \gamma_0)d + 1,25C_y^H k]}, \quad (16)$$

где  $v_{нр}$ ,  $v_{дон.нр}$  – допускаемые неразмывающие скорости средних в сечении и придонных, м/с;  $H$  – глубина потока, м;  $d$  – диаметр частицы, м;  $m$  – коэффициент, характеризующий условия течения;  $\gamma_1$  и

$\gamma_0$  – удельный вес грунта и воды, кг/м<sup>3</sup>;  $n$  – коэффициент перегрузки;  $C_D^H$  – нормативная усталостная прочность на разрыв несвязного грунта при динамической нагрузке,  $C_D^H = 0,035$ , т/м<sup>2</sup>;  $C_y^H$  – нормативная усталостная прочность на разрыв связного грунта при динамической нагрузке, т/м<sup>2</sup>.

Для удобства использования в справочной и нормативной литературе приведены соответствующие таблицы [14], СНиП «Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 3.07.03-85: СП 81.13330.2012». Так как размыв грунтовой вставки в первую очередь будет начинаться на низовом откосе вставки ввиду более высоких скоростей на участке откоса 4-3, то покажем, как проводить расчет на этом участке. В точке 4 границы горизонтального участка гребня грунтовой вставки и низового откоса 4-3 будет устанавливаться так называемая критическая глубина  $h_{кр}$ , определяемая для условного прямоугольного сечения по формуле

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g B_1^2}}, \quad (17)$$

где  $\alpha$  – коэффициент Кориолиса, принимаемый равным от 1,05 до 1,10.

И.И. Агроскиным была предложена приближенная зависимость для определения критической глубины трапециoidalного сечения:

$$h_{кр.тр} = h_{кр} \left( 1 - \frac{z_n}{3} + 0,105 z_n^2 \right), \quad (18)$$

где  $z_n = m_0 h_{кр} / B_1$ .

Следовательно, скорость потока в этой точке будет равна:

$$v_{кр} = \frac{Q}{\omega_{кр}} = \frac{Q}{(B_1 + m_0 h_{кр.тр}) h_{кр.тр}}. \quad (19)$$

Тогда условие размыва грунта вставки в этой точке запишем в виде

$$v_{кр} \geq v_p. \quad (20)$$

Однако критическая скорость  $v_{кр}$  в точке 4 будет минимальной на откосе и далее по мере приближения к точке 3 увеличивается до максимального значения. При этом средняя скорость потока на откосе грунтовой вставки на некотором расстоянии  $l$  от точки 4 будет определяться как на быстротоке

для условий установившегося неравномерного движения [14]:

$$v_{отк} = \frac{Q}{\omega_{отк}}, \quad (21)$$

где  $\omega_{отк}$  – площадь поверхностного потока на откосе размываемой грунтовой вставки, м<sup>2</sup>.

Площадь поверхностного потока на откосе размываемой грунтовой вставки определяется по следующей формуле:

$$\omega_{отк} = (B_1 + m_0 h_l) h_l, \quad (22)$$

где  $h_l$  – глубина в любом сечении низового откоса размываемой вставки на расстоянии  $l$  от точки 4, м.

Данную глубину на откосе  $h_l$  можно установить одним из способов расчета неравномерного движения, например, Б.А. Бахметева или В.И. Чарномского [14]. Г.В. Железняковым [19] предлагается для расчета упрощенное уравнение неравномерного движения потока в виде

$$\Delta z = h_l - \frac{\alpha v_1^2}{2g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g}, \quad (23)$$

где  $\Delta z = z_B - z_H$  – разность уровней воды в верхнем и нижнем сечениях, м;  $v_1, v_2$  – средние скорости потока в верхнем и нижнем сечениях, м/с.

При этом потери напора  $h_l$  по рекомендации Г.В. Железняка вычисляются по средним характеристикам потока:

$$h_l = \frac{Q^2 l}{\bar{K}^2}, \quad (24)$$

где  $l$  – расстояние между рассматриваемыми сечениями, м;

$\bar{K}$  – средний модуль расхода, м<sup>3</sup>/с.

Средний модуль расхода определяется по формуле

$$\bar{K} = \frac{Q}{\sqrt{i}}, \quad (25)$$

где  $i = \frac{\Delta z_{отк}}{l_{отк}}$  – уклон низового откоса.

В большинстве случаев изменениями скоростного напора по длине расчетного участка пренебрегают, поэтому уравнение неравномерного движения потока примет следующий вид [20]:

$$\Delta z = \frac{Q^2 l}{\bar{K}^2}. \quad (26)$$

Расчет по уравнению неравномерного движения применительно к низовому откосу размываемой вставки проводят методом итераций, задаваясь разными расстояниями  $l = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0$  м и т.д., пока не будет совпадать левая и правая части уравнения, где принимается  $\Delta z = l \cdot \sin \alpha_1$ , здесь  $\alpha_1$  – угол наклона откоса. Время размыва грунтовой вставки определим по [21]:

$$T = \frac{2\rho_{0d} W}{\mu Q_{cp}}, \text{ с,} \quad (27)$$

где  $\rho_{0d}$  – средняя плотность сухого грунта размываемой вставки, т/м<sup>3</sup>;  $W$  – полный объем размываемого грунта вставки, равный объему призмы трапециевидального сечения, м<sup>3</sup>;  $\mu$  – транспортирующая размывающая способность потока, кг/м<sup>3</sup>;  $Q_{cp}$  – расход переливающегося потока за весь период размыва грунта вставки, м<sup>3</sup>/с.

Далее проведем расчет фильтрационного потока, действующего по контуру 1–2–3 грунтовой вставки, с целью оценки контактного размыва. Примем условно, что эпюра фильтрационного давления по контуру водосливного экрана и защитного покрытия 1–2–3 распределяется по линейному закону с напором в точке 1, равным  $H_{nep}$ , а в точке 3 равным нулю (рис. 2).

Средняя скорость фильтрации по контуру 1–2–3 согласно уравнению Дарси составит:

$$v_\phi = k_\phi I_{cp} = k_\phi \frac{H_{nep}}{L}, \quad (28)$$

где  $L = H_{вст} + L_2$  – длина пути фильтрации, м.

Тогда условие для контактного размыва грунта по контуру 1–2–3 «водосливной экран – защитное покрытие» запишем в виде

$$I_{cp} \geq \frac{1}{\gamma_n} I_{раз}^{к.р}, \quad (29)$$

где  $I_{раз}^{к.р}$  – критический (разрушающий) градиент для контактного размыва грунта, определяемый по графику В.С. Истоминой [22];  $\gamma_n$  – коэффициент надежности, принимаемый в зависимости от класса ГТС, в пределах 1,10–1,25.

Расход фильтрационного потока по контуру составит:

$$Q_\phi^{1-2-3} = \omega v_\phi = \delta_{ГТ} (b + 2m_0 H_{вст}) k_\phi I_{cp}, \quad (30)$$

где  $\delta_{ГТ}$  – толщина геотекстиля «дорнит» (0,01–0,012 м);  $b$  – ширина водосливного отверстия по низу размываемой вставки, м;  $m_0$  – коэффициент заложения откосов;

$H_{вст}$  – высота размываемой вставки, м;  $k_\phi$  – коэффициент фильтрации геотекстиля типа «дорнит» в горизонтальном направлении (60–100 м/сут).

Рассмотрим пример расчета влияния поверхностного и фильтрационного потоков на размывающую способность грунтовой вставки.

Исходные данные для расчета:  $H_{нл} = 15$  м;  $H_{вст} = \Delta z_{отк} = 2,0$  м;  $m_0 = 2$ ;  $m_1 = 3$ ;  $m_2 = 3,5$ ;  $b = 2,5$  м;  $B_1 = 10,5$  м;  $B_0 = 20$  м;  $k = 0,43$ ;  $\alpha = 1,0$ ;  $\alpha_1 = 16^\circ$ ;  $l_{отк} = 7,14$  м.

Все расчеты были выполнены по вышеприведенным формулам при задании минимальной глубины переливающегося потока через гребень грунтовой вставки в пределах  $H_{nep} = 0,1–0,4$  м, результаты которых сведены в табл. 1. Допускаемые неразмывающие скорости потока были приняты по таблицам, составленным по формуле Ц.Е. Мирцхулавы (11) для несвязного грунта при  $H = H_{nep}$ ,  $d = 1$  мм [14].

Результаты расчета фильтрационного потока, действующего по контуру 1–2–3 грунтовой вставки, с целью оценки контактного размыва приведены в табл. 2.

Анализ данных расчета показывает, что при переливе потока воды через гребень грунтовой вставки средние скорости поверхностного потока превышают размывающие при глубине  $H_{nep} > 0,1$  м. Также на откосе вставки по всей длине скорости потока превышают размывающие. Таким образом, будет наблюдаться размыв грунтовой вставки.

Условие для контактного размыва грунта по контуру 1–2–3 «водосливной экран – защитное покрытие» будет выполняться при глубине переливающегося потока  $H_{nep} > 0,3$  м, что дополнительно к поверхностному потоку будет способствовать размыву грунтовой вставки.

**Выводы.** 1. Для оценки эффективности сработки грунтовой вставки резервного водосброса не-

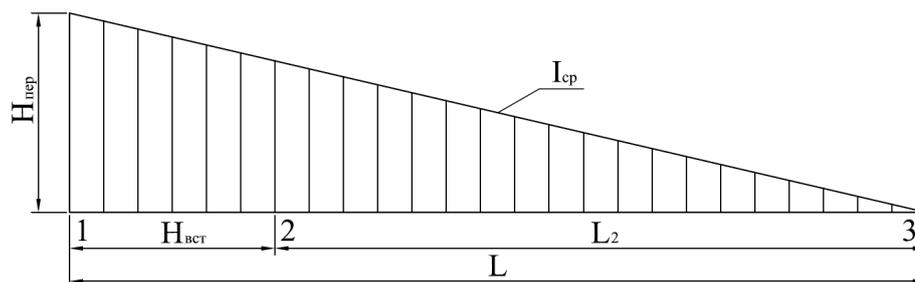


Рис. 2. Схема к расчету контактной фильтрации по контуру 1-2-3

Таблица 1

Результаты расчета поверхностного потока

№ п/п	$H_{пер}$ м	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$v_{нов}$ м/с	$v_{кр}$ м/с	$v_{откр}$ м/с при $l = 0,5$ м	$v_{кр}$ м/с	$v_{пр}$ м/с
1	0,1	0,19	0,42	5,08	1,51	0,35	0,46
2	0,2	0,55	0,60	1,78	1,51	0,40	0,52
3	0,3	1,02	0,73	0,95	1,51	0,45	0,59
4	0,4	1,58	0,85	0,60	1,51	0,50	0,65

Таблица 2

Результаты расчета фильтрационного потока

№ п/п	$H_{пер}$ м	$v_{фр}$ м/с	$I_{ср}$	$Q_{фр}$ м <sup>3</sup> /с	$I_{раз}^{к-р} / \gamma_n$
1	0,1	0,08	0,008	0,011	0,0182
2	0,2	0,17	0,017	0,021	0,0182
3	0,3	0,25	0,025	0,032	0,0182
4	0,4	0,33	0,033	0,042	0,0182

обходимо провести расчет воздействия как поверхностного потока при переливе через гребень, так и фильтрационного потока, возникающего по контуру водосливного экрана, на размываемую способность грунтовой вставки.

2. Совместное воздействие на частицы грунта вставки как поверхностного потока, так и фильтрационного потока будет усиливать процесс размыва вставки, что обеспечит ее сработку с последующим сбросом через водосливное отверстие резервного водосброса.

3. Размыв грунта вставки будет происходить при превышении поверхностных скоростей потока размывающих скоростей для данного грунта вставки и превышении градиентов фильтрации по контуру экрана и защитного покрытия для контактного размыва.

4. Как показывают расчеты, размыв вставки будет начинаться на откосе вблизи точки 4 на расстоянии от нее  $l = 0,5$  м даже при минимальных глубинах переливающегося потока  $H_{пер} < 0,1$  м, а затем захватывать гребень вставки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гидравлические аспекты прогноза условий прорыва напорного фронта гидрозла // Безопасность энергетических сооружений. М.: НИИЭС, 1998. Вып. 1. С. 91–100.
2. Бакланова Д.В., Кореновский А.М., Морозов К.В. О надежности гидротехнических сооружений пруда Каненный на балке Атюхта в г. Шахты Ростовской // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 2 (19). С. 68–72.
3. Бальзанников М.И., Родионов М.В., Сеницкий Ю.Э. Повышение эксплуатационной надежности низконапорных гидротехнических объектов с грунтовыми плотинами // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 35–40.
4. Мещерякова З.В., Ермакова И.В., Орлова А.А., Карпова В.И. Оценка надежности состояния природоохраняющих гидротехнических сооружений пруда Молочка на р. Черная в Исаклинском районе Самарской области по результатам мониторинга в 2012 г. // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 2 (10). С. 66–68.
5. Бальзанников М.И., Кругликов В.В., Михасек А.А. Противопаводковый защитный контур жилого района // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 2 (10). С. 69–74.
6. Бальзанников М.И., Пиявский С.А., Родионов М.В. Совершенствование конструкций низконапорных грунтовых переливных плотин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 5. С. 52–59.

7. Заявка 2014100661/13 Российская Федерация, МПК(7) Е 02 В 9/04. Резервный водосброс грунтового подпорного сооружения / Косиченко Ю.М., Михайлов Е.Д., Баев О.А.; заявитель и патентообладатель ООО «Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации». № 2014100661/13; заявл. 09.01.14; опубл. 20.07.15, Бюл. № 20. 3 с.: ил.

8. Пат. 2498007 Российская Федерация, МПК(7) Е 02 В 7/06. Резервный водосброс грунтовой плотины / Косиченко Ю.М., Морогов К.В., Чернов М.А., Михайлов Е.Д.; заявитель и патентообладатель Российский науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2012114853/13; заявл. 13.04.12; опубл. 13.04.12, Бюл. № 31. 15 с.

9. Косиченко Ю.М., Михайлов Е.Д. Применение резервных водосбросов в грунтовых плотинах для пропуска паводковых вод [Электронный ресурс] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Электрон. журн. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. №2(08). 16с. Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/2011/02/18/> (дата обращения: 14.12.2015).

10. Косиченко Ю.М., Михайлов Е.Д. Методика расчета параметров резервного водосброса с размываемой вставкой на основе гидравлических формул [Электронный ресурс] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электр. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Электрон. журн. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. № 4(16). 13 с. Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/2014/11/17> (дата обращения: 01.12.2015).

11. Косиченко Ю.М., Михайлов Е.Д. Оценка надежности работы резервного водосброса с размываемой вставкой // Вестник МГСУ. 2015. № 2. С. 130–140.

Об авторе:

**МИХАЙЛОВ Евгений Дмитриевич**

аспирант, младший научный сотрудник

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации

346400, Россия, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190, тел. 8 (8635) 26-50-68

E-mail: [KAMevgeniy1990@mail.ru](mailto:KAMevgeniy1990@mail.ru)

12. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Шкуланов Е.И. Безопасность гидротехнических сооружений мелиоративного назначения. М.: ФГНУ «Росин-форматротех», 2011. 268 с.

13. Богомолов А.И., Михайлов К.А. Гидравлика: учеб. для вузов. 2-е изд., доп. М.: Стройиздат, 1972. 648 с.

14. Справочник по гидравлическим расчетам / П.Г. Киселев [и др.]; под ред. П.Г. Киселева. 5-е изд. М.: Энергия, 1974. 312 с.

15. Косиченко Ю.М., Михайлов Е.Д., Баев О.А. Экспериментальные исследования водослива с широким порогом резервного водосброса // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. № 3 (20). С. 73–81.

16. Гидротехнические сооружения: справочник / В.П. Недриги [и др.]; под ред. В. П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983. 543 с.

17. Алтунин В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах. М.: Колос, 1979. 255 с.

18. Чугаев Р.Р. Подземный контур гидротехнических сооружений. Л.: Энергия, 1974. 763 с.

19. Железняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 312 с.

20. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1991. Кн. 2. 367 с.: ил.

21. РД 03-607-03. Методические рекомендации по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов. Введ. 2003-08-01. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. 19 с.

22. Гришин М.М. Гидротехнические сооружения. М.: Госстройиздат, 1962. С. 57.

**MIKHAYLOV Evgeny**

Postgraduate Student, Junior Researcher

Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

346400, Russian Federation, Novocherkassk, Baklanovskiy str., 190, tel.8 (8635) 26-50-68

E-mail: [KAMevgeniy1990@mail.ru](mailto:KAMevgeniy1990@mail.ru)

Для цитирования: Михайлов Е.Д. Гидравлическая оценка эффективности сработки грунтовой вставки резервного водосброса // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №1(22). С. 27-33. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.5.

For citation: Mikhaylov E.D. Hydraulic performance evaluation of drawdown dirt insert of a reserve water outlet // Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. № 1(22). Pp. 27-33. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.5.

\* \* \*

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

ПРИГЛАШАЕМ ВАС ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В 73-й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СГАСУ, КОТОРАЯ СОСТОИТСЯ

11-15 апреля 2016 года

ПОЛНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О КОНФЕРЕНЦИИ ПРЕДСТАВЛЕНА НА САЙТЕ

[WWW.SAMGASU.RU](http://WWW.SAMGASU.RU) РАЗДЕЛ НАУКА→КОНФЕРЕНЦИИ