

УДК 627.831:531.1/.6

Ю. М. Косиченко, Е. Д. Михайлов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РЕЗЕРВНОГО ВОДОСБРОСА С РАЗМЫВАЕМОЙ ВСТАВКОЙ

Цель исследований – обоснование условий применения резервных водосбросов на гидроузлах с грунтовыми плотинами и разработка методики расчета основных параметров таких резервных водосбросов. К резервным водосбросам предъявляются требования простоты конструкции и невысокой стоимости. При их работе допускаются повреждения самого водосброса и размывы русла и берегов, что тем не менее не должно снижать надежность основных сооружений. Большая часть паводка пропускается через основной водосброс (например береговой), расположенный на отметке НПУ, а оставшаяся часть – через одну или несколько секций резервного водосброса при достижении отметки ФПУ в верхнем бьефе. В результате проведенных исследований установлено, что преимуществами предлагаемой конструкции по сравнению с другими конструкциями водосбросов являются невысокая стоимость строительства, простота устройства, а также значительно меньший общий возможный ущерб в случае аварии на плотине, поскольку часть избыточного паводка будет заранее сбрасываться через резервный водосброс и более длительно распределяться по времени. При разработке методики расчета основных параметров предлагаемых резервных водосбросов использовались общепринятые методы гидравлического расчета водосливов. В статье представлена блок-схема расчета по предложенной методике с описанием алгоритма. Основные параметры размываемой вставки находятся гидравлическим расчетом, исходя из формулы пропускной способности водопропускной части резервного водосброса трапециoidalного сечения после размыва грунтовой вставки, работающей по схеме водослива с широким порогом. Разработанная методика реализована в среде программирования Mathcad. Для практической апробации методики в статье рассмотрен пример с пояснениями особенностей расчета основных параметров резервного водосброса, где высота вставки, количество секций и высота порога резервного водосброса составили в первом случае $H_{вст} = 8,18$ м, $N = 1$, $H_{прг} = 4,82$ м, а во втором $H_{вст} = 6,08$ м, $N = 2$, $H_{прг} = 6,92$ м.

Ключевые слова: грунтовая плотина, паводок, резервный водосброс, размываемая грунтовая вставка, конструкция, параметры, гидравлический расчет.

Yu. M. Kosichenko, Ye. D. Mikhaylov

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

METHOD FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF RESERVE SPILLWAY WITH SCoured INSERT

The objective of the study is to substantiate the conditions of using reserve spillways for earth dams at the river hydro systems. Reserve spillways requires for simplicity of design and low cost. The spillway defects are permitted during it operating but this shall not decrease the reliability of main constructions. The greater part of a flood is passed through the main spillway (e.g. shore spillway), situated at the mark of normal water level and the remaining part is passed through one or several sections of reserve spillway at reaching maximum water

level in the upstream. The research results in establishing that benefits of the proposed construction comparing with others spillway design are low cost of building, simplicity of design, and significantly less potential total damage in dam emergency because the part of excess flood will beforehand pass through the reserve spillway and distribute for a longer time. Standard methods for spillway hydraulic calculating were used during the development of calculating technique for the main parameters of proposed reserve spillway. The article presents flow chart for calculation by the proposed technique including algorithm. The main parameters of scoured insert are found by hydraulic calculation on the base of the equation of hydraulic performance of water discharge part of the reserve spillway with the trapezoid cross-section after the scouring of ground insert which works according to scheme of spillway with broad-crested drop. The developed technique is realized by the computer software Mathcad. For practical testing of the technique a sample clarifying the calculation specifics for main parameters of the reserve spillway is considered in the article. For the first case, height of an insert, number of sections and height of a drop of the reserve spillway were $H_{\text{вст}} = 8.18$ m, $N = 1$, $H_{\text{прг}} = 4.82$ m, and for the second one – $H_{\text{вст}} = 6.08$ m, $N = 2$, $H_{\text{прг}} = 6.92$ m.

Keywords: earth dam, flood, reserve spillway, scouring earth insect, design, parameters, hydraulic calculation.

В составе гидроузлов обычно предусматривают водопропускные сооружения, подразделяемые на водосбросы и водовыпуски. Водосбросы предназначены для пропуска в нижний бьеф паводковых расходов при заданных расчетных уровнях воды в верхнем бьефе, а также для пропуска льда и транзита влекомых наносов в нижний бьеф (НБ).

На гидроузлах с грунтовыми плотинами для пропуска паводковых вод обычно применяют водосбросы большой пропускной способности, которые рассчитывают в зависимости от класса сооружения на максимальные расходы с ежегодной вероятностью превышения $P = 1,00\text{--}0,01$ % [1]. Отсюда следует, что для грунтовых плотин IV класса расчет производится для максимального паводка с повторяемостью один раз в 100 лет, а для плотин I класса – один раз в 10000 лет.

В связи с этим стоимость таких водосбросов будет весьма высокой, при этом за весь период существования водосброс, возможно, ни разу не будет работать на полную мощность [2, 3].

Поэтому для снижения стоимости водосбросных сооружений в ряде случаев в составе гидроузла предусматривают несколько водосбросов: один основной и один или два дополнительных (резервных) [4, 5].

Основной водосброс проектируют на меньшие расчетные макси-

мальные расходы, чем это соответствует действующим нормам в зависимости от класса плотины. Например, для грунтовых плотин II класса вместо поверочного максимального расхода 0,1 % обеспеченности учитывают расход основного расчетного случая 1,0 % обеспеченности, для сооружений III класса – расход 3,0 % обеспеченности, для сооружений IV класса – расход 5,0 % обеспеченности.

В результате снижения величины расчетного максимального расхода паводковых вод существенно уменьшаются размеры основного водосброса, а следовательно, уменьшается его стоимость. В то же время резервные водосбросы гидроузла проектируют на большие расходы, чем основной водосброс, которые должны соответствовать классу плотины.

Часто в дополнение к водосбросу обычной конструкции используют возможности пропуска части максимального расхода по естественному береговому склону с устройством облегченного крепления или без него.

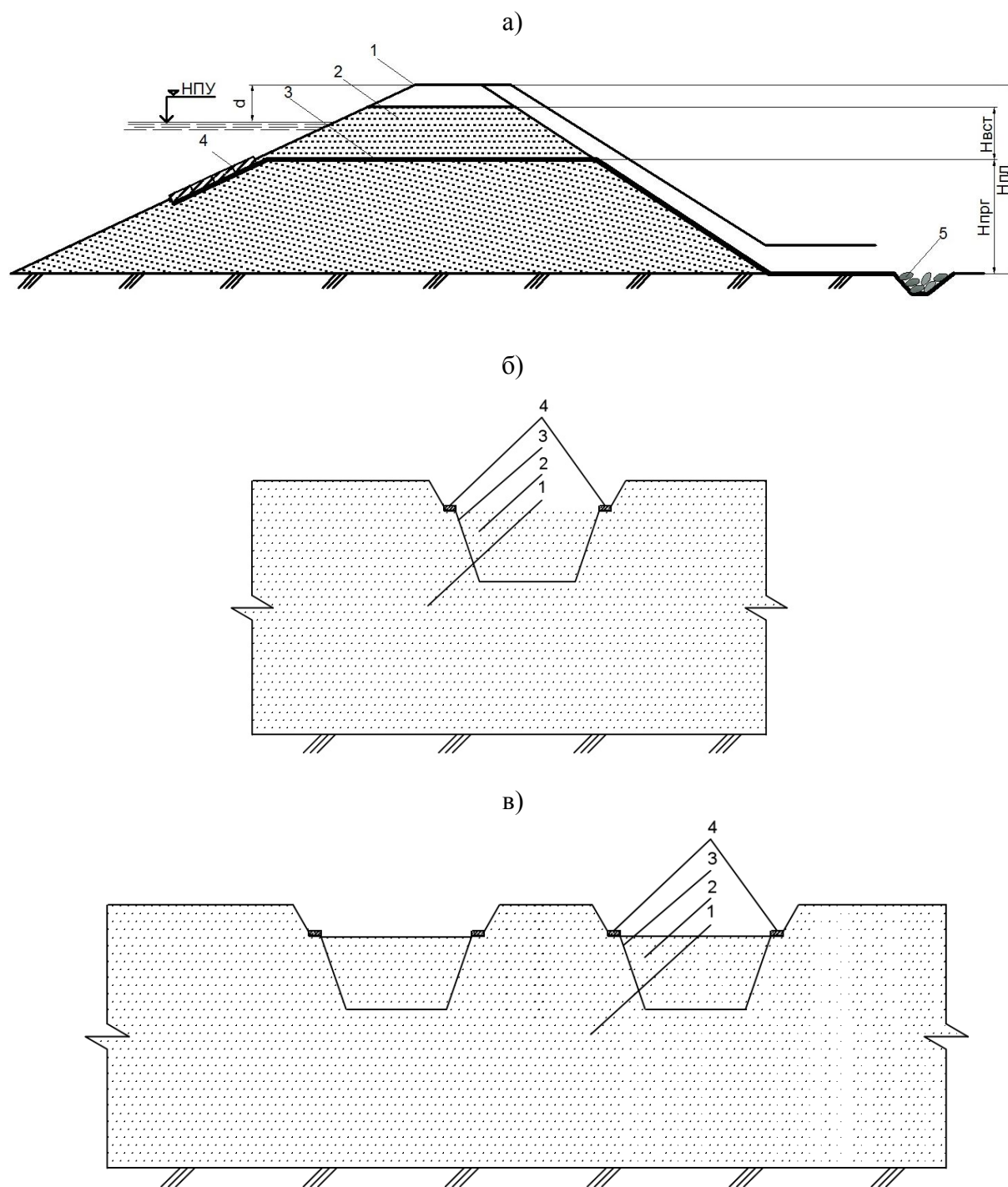
В состав резервного водосброса может быть включена размываемая вставка, которая представляет собой отсыпанную на бетонный порог часть грунтовой плотины, размываемую при подъеме уровня верхнего бьефа до некоторой критической отметки (несколько ниже ФПУ).

Резервный водосброс устраивают непосредственно в теле грунтовой плотины. Расчетная схема резервного водосброса приведена на рисунке 1.

Водопроводящая часть водосброса, представленная на рисунке 1, б и в, может состоять из одной или нескольких секций. По периметру сечения водопроводящего тракта раскладывается заранее изготовленное защитное покрытие – полимерная геомембрана [4].

Геомембрану укладывают вручную, соединяя отдельные части между собой с помощью сварки и закрепляя со стороны верхнего бьефа на бровках одной или нескольких секций и в нижнем бьефе железобетонными плитами, а в начале отводящего канала выполняют крепление в виде каменной наброски [5]. На защитном покрытии в пределах водопроводящей части выполняется размываемая грунтовая вставка из грунта, анало-

гичного телу плотины, в которой размещается водосливной экран из геомембраны, прикрепленный к защитному покрытию путем сварки.



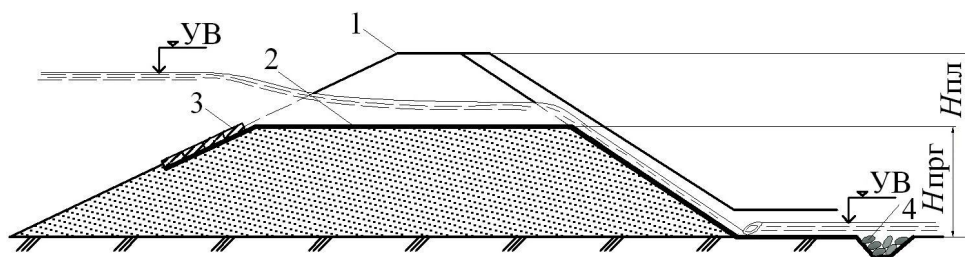
а) продольное сечение резервного водосброса; б) поперечное сечение резервного водосброса с одной секцией; в) то же с двумя секциями;
1 – грунтовая плотина; 2 – размываемая грунтовая вставка; 3 – защитное покрытие из полимерной геомембраны; 4 – крепление железобетонными плитами защитного покрытия; 5 – каменная наброска

**Рисунок 1 – Расчетная схема резервного водосброса
в период нормальной работы**

Большая часть паводка пропускается через основной водосброс (например береговой), расположенный на отметке НПУ, а оставшаяся часть – через одну или несколько секций резервного водосброса при достижении отметки ФПУ в верхнем бьефе или ниже на 0,3–0,5 м.

В период прохождения максимального расхода с уровнем воды в верхнем бьефе на отметке ФПУ или ниже происходят перелив воды через гребень размываемой грунтовой вставки, ее интенсивный размыв до порога с защитной мембраной и постепенное снижение расхода и уровня воды до отметки порога, после чего размываемая вставка полностью восстанавливается.

Схема резервного водосброса в период пропуска максимального расхода представлена на рисунке 2.



1 – грунтовая плотина; 2 – защитное покрытие из полимерной геомембраны;
3 – крепление железобетонными плитами защитного покрытия; 4 – каменная наброска

Рисунок 2 – Схема резервного водосброса в период пропуска максимального расхода (после размыва вставки)

Резервные водосбросы стремятся делать простыми и дешевыми. При их работе допускаются повреждения самого водосброса, защитной облицовки из геомембраны [6] и размывы русла и берегов, что тем не менее не должно снижать надежность основных сооружений.

Эффективность сработки грунтовой вставки была убедительно доказана экспериментальными исследованиями в гидравлическом лотке с моделью грунтовой плотины А. М. Прудовским и К. Р. Пономарчук [7].

Проведенное авторами сравнение паводковых водосбросных сооружений – бесковшового сифонного и резервного с размываемой вставкой – в проекте реконструкции пруда «Казенный» в Ростовской области показа-

ло, что стоимость строительства в последнем случае будет ниже, чем в первом, в 3–4 раза.

Преимуществами предлагаемой конструкции по сравнению с другими конструкциями водосбросов являются невысокая стоимость строительства, простота устройства, а также значительно меньший общий возможный ущерб в случае аварии на плотине, поскольку часть избыточного паводка будет заранее сбрасываться через резервный водосброс и более длительно распределяться по времени.

Авторами разработана следующая методика расчета основных параметров резервного водосброса, включающая определение высоты размываемой вставки и высоты порога резервного водосброса.

Высота размываемой вставки определяется гидравлическим расчетом, исходя из формулы пропускной способности водопропускной части резервного водосброса трапецеидального сечения после размыва грунтовой вставки, работающей по схеме водослива с широким порогом, с использованием следующего уравнения для N -го количества секций водосброса:

$$Q_{\text{рез.в}}^{\text{общ}} = m \cdot (b + m_0 \cdot H_{\text{вст}}) \cdot \sqrt{2g} H_{\text{вст}}^{3/2} \cdot N, \quad (1)$$

где $Q_{\text{рез.в}}^{\text{общ}}$ – расчетный расход ($\text{м}^3/\text{с}$), пропускаемый через все секции резервного водосброса, равный разности максимального паводкового расхода редкой повторяемости ($Q_{\text{р<0,5...1,0\%}}$) и расчетного расхода основного водосброса ($Q_{\text{осн.в}}$):

$$Q_{\text{рез.в}}^{\text{общ}} = Q_{\text{р<0,5...1,0\%}} - (Q_{\text{осн.в}});$$

m – коэффициент расхода для водослива с широким порогом;

b – ширина водопропускной части по дну трапецеидального сечения секции резервного водосброса, м;

m_0 – коэффициент заложения откосов трапецеидального сечения водопропускной части;

$H_{\text{вст}}$ – напор на пороге водопропускной части после размыва грунтовой

вставки, принимаемый равным высоте размываемой вставки, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

N – количество секций водосброса.

Из вышеприведенного уравнения (1) авторами получена формула для расчета высоты размываемой вставки (м):

$$H_{\text{вст}} = \left(\frac{Q_{\text{рез.в}}^{\text{общ}}}{m \cdot (b + m_0 \cdot H_{\text{вст}}) \cdot \sqrt{2g \cdot N}} \right)^{2/3}, \quad (2)$$

расчет по которой осуществляется методом подбора в несколько приближений, при этом предварительно задаются шириной каждой секции, равной $b=3...5$ м, и количеством секций N .

Высота порога резервного водосброса рассчитывается как:

$$H_{\text{прг}} = H_{\text{пл}} - H_{\text{вст}} - d, \quad (3)$$

где $H_{\text{пл}}$ – высота плотины до гребня, м;

d – превышение гребня плотины над верхом размываемой вставки или отметкой ФПУ, м.

Для расчета пропуска чрезвычайного паводка через несколько секций водосброса с различной отметкой верха размываемой вставки авторами получена следующая формула:

$$H_{\text{вст.}i} = \left(\frac{Q_{\text{рез.в}}^{\text{общ}}}{m_i \cdot (b_i + m_0 \cdot H_{\text{вст.}i}) \cdot N \cdot \sqrt{2g}} \right)^{2/3},$$

где $H_{\text{вст.}i}$ – высота вставки i -й секции водосброса, м;

$Q_{\text{рез.в}}^{\text{общ}}$ – расчетный расход, пропускаемый через все секции резервного водосброса, м³/с;

m_i – коэффициент расхода для i -й секции резервного водосброса;

b_i – ширина по дну i -й секции резервного водосброса, м.

С другой стороны, высота порога резервного водосброса определяется расчетом, исходя из минимального объема воды в водохранилище, необходимого для водопользователей в период восстановления размываемой

вставки, по уравнению:

$$W_{\text{в}}^{\min} = \frac{1}{2} \cdot F_{\text{в}}^{\min} \cdot H_{\text{прг}},$$

откуда

$$H_{\text{прг}} = \frac{2 \cdot W_{\text{в}}^{\min}}{F_{\text{в}}^{\min}}, \quad (4)$$

где $W_{\text{в}}^{\min}$ – минимальный объем воды в водохранилище (м^3), рассчитываемый по зависимости:

$$W_{\text{в}}^{\min} = W_{\text{вп}} + W_{\text{мо}},$$

где $W_{\text{вп}}$ – объем воды в водохранилище, необходимый для водопользователей за период восстановления размываемой вставки, м^3 ;

$W_{\text{мо}}$ – мертвый объем водохранилища, м^3 ;

$F_{\text{в}}^{\min}$ – площадь водохранилища, м^2 ;

$H_{\text{прг}}$ – высота порога, м.

За окончательную высоту порога водосброса принимается наибольшее значение, полученное по гидравлическому расчету и с учетом требований водопользователей. При необходимости увеличивают количество секций и пересчитывают высоту вставки по гидравлическому расчету, с тем чтобы получить значения $H_{\text{прг}}$ близкими между собой.

Для упрощения расчетов по разработанной авторами методике составлена блок-схема, представленная на рисунке 3, и программа расчета в среде программирования Mathcad.

Рассмотрим далее пример расчета резервного водосброса с размываемой вставкой в теле плотины по разработанной авторами методике с исходными данными: $Q_{\text{рез.в}}^{\text{общ}} = 700 \text{ м}^3/\text{с}$; $m = 0,35$; $b = 3,0 \text{ м}$; $m_0 = 2$; $H_{\text{пл}} = 15,0 \text{ м}$; ФПУ $d = 2,0 \text{ м}$; $W_{\text{в}}^{\min} = 1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$; $F_{\text{в}}^{\min} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ м}^2$. Требуется определить высоту размываемой вставки $H_{\text{вст}}$, количество секций резервного водосброса N и высоту порога резервного водосброса $H_{\text{прг}}$.

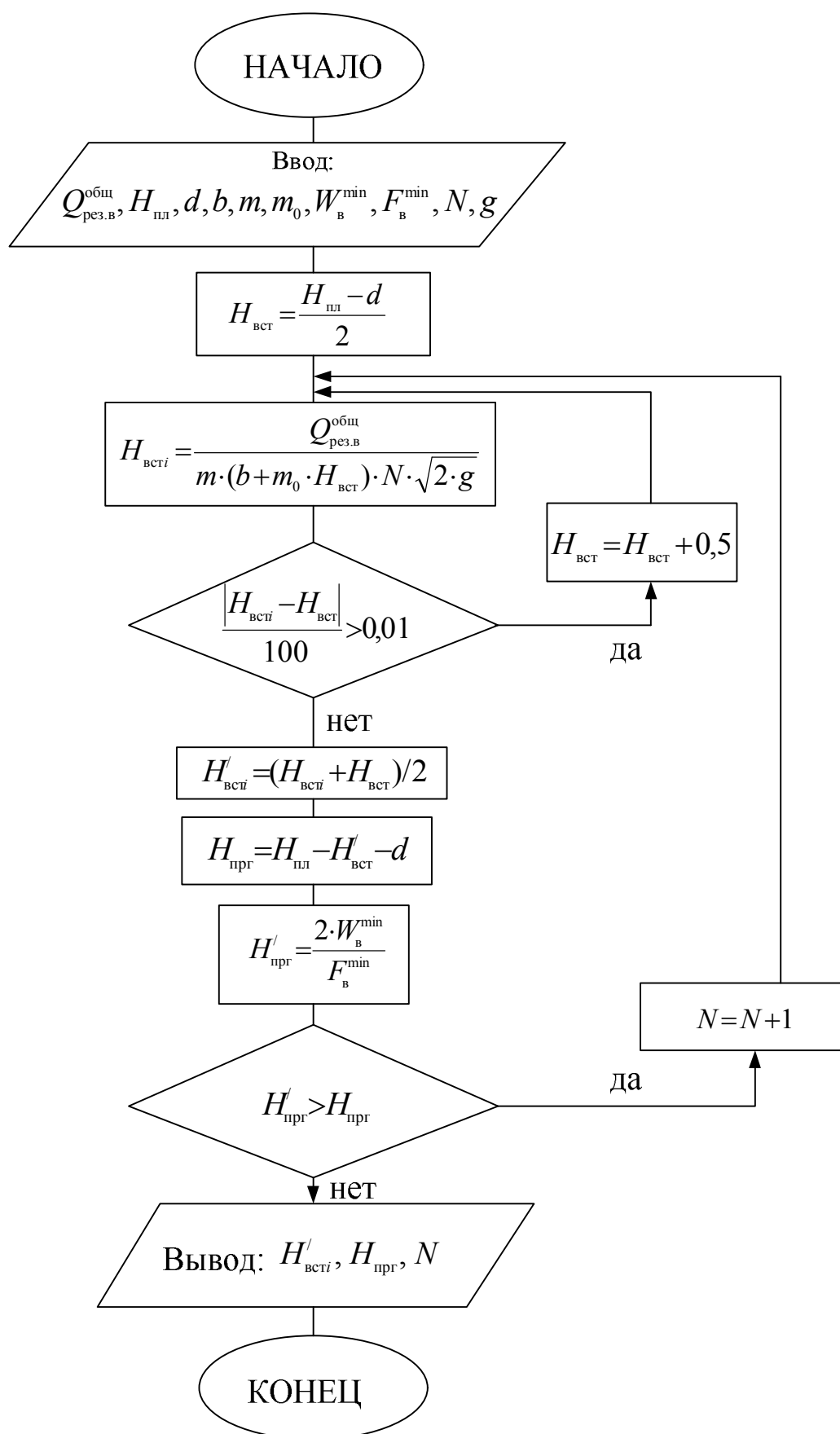


Рисунок 3 – Блок-схема расчета основных параметров резервного водосброса

Данный расчет выполнен в ручном режиме без применения компьютерной программы для возможности подробного пояснения особенностей расчета по методике авторов.

Определяем высоту размываемой вставки по формуле (1), предварительно задавшись $b=3,0$ м и количеством секций $N=1$.

Расчет высоты размываемой вставки выполняем методом приближений. Предварительно задаемся $H_{\text{вст}}$:

$$H_{\text{вст}} = (H_{\text{пл}} - d) / 2 = (15 - 2) / 2 = 6,5 \text{ м.}$$

Определяем $H_{\text{вст}}$ в первом приближении по формуле (2):

$$H_{\text{вст. I}} = \left(\frac{700}{0,35 \cdot (3,0 + 2 \cdot 6,5) \cdot 1 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^{2/3} = 9,37 \text{ м.}$$

Так как $H_{\text{вст. I}} = 9,37$ м значительно отличается от заданного значения $H_{\text{вст}} = 6,5$ м, то проводим расчет во втором приближении, задаваясь $H_{\text{вст}} = 7,5$ м и так далее.

Так как после трех приближений задаваемая и расчетная величины вставки близки между собой, то за искомое значение принимаем среднее между ними $H_{\text{вст}} = 8,18$ м.

Тогда высота порога по формуле (3) составит:

$$H_{\text{прг}} = H_{\text{пл}} - H_{\text{вст}} - d = 15 - 8,18 - 2,0 = 4,82 \text{ м.}$$

С другой стороны, высота порога резервного водосброса по условиям водопользования при $W_{\text{в}}^{\text{min}} = 1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ и $F_{\text{в}}^{\text{min}} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ м}^2$ по формуле (4)

составит:
$$H_{\text{прг}} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 10^5} = 4,76 \text{ м.}$$

Так как полученное значение высоты порога по гидравлическим условиям составило 4,82 м, а по условиям водопользования 4,76 м, т. е. значения являются близкими, то расчетные параметры резервного водосброса могут быть приняты равными: $H_{\text{вст}} = 8,18$ м, $H_{\text{прг}} = 4,82$ м, количество секций $N=1$.

В случае если высота порога резервного водосброса по условиям водопользования по расчету будет значительно больше, чем по гидравлическим условиям, то следует увеличивать количество секций и повторять расчет высоты размываемой вставки.

Например, при $W_{\text{в}}^{\min} = 2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ и $F_{\text{в}}^{\min} = 6 \cdot 10^5 \text{ м}^2$ высота порога по формуле (4) равна $H_{\text{прг}} = 6,67 \text{ м}$, а высота размываемой вставки по формуле (3) составит 6,08 м.

Исходя из вышеизложенного, следует увеличить количество секций резервного водосброса до $N=2$.

Таким образом, высота размываемой вставки после трех приближений равна среднему значению между величинами $H_{\text{вст}}$ и $H_{\text{вст},i}$ и составляет 6,08 м.

Тогда высота порога по формуле (4) составит 6,92 м.

Полученная высота порога по гидравлическим условиям ($H_{\text{прг}} = 6,67 \text{ м}$) несколько превышает значение по условиям водопользования ($H_{\text{прг}} = 6,92 \text{ м}$), поэтому в целях запаса водных ресурсов принимаем высоту порога 6,92 м.

Результаты расчетов параметров резервного водосброса с одной и двумя секциями приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов параметров резервного водосброса с одной и двумя секциями

Количество секций	Приближение	Задаваемое значение $H_{\text{вст}}$, м	Расчетное значение высоты вставки $H_{\text{вст},i}$, м, каждого приближения	Высота порога водосброса $H_{\text{прг}}$, м
1	Первое	6,5	9,37	-
	Второе	7,5	8,66	-
	Третье	8,0	8,35	4,82
2	Первое	5,0	6,77	-
	Второе	5,5	6,44	-
	Третье	6,0	6,15	6,92

На основании рассмотренного примера авторами предлагается следующая последовательность расчета.

Последовательность расчета:

- предварительно задаются шириной размываемой вставки по низу в пределах $b=3...5$ м и количеством секций резервного водосброса $N=1$;
- по формуле (2) методом последовательных приближений вычисляется высота размываемой вставки;
- за искомую величину высоты вставки по гидравлическим условиям принимают такое значение соответствующего приближения, при котором расчетное значение $H_{\text{вст.}}$ близко совпадает с заданным (с расхождением не более 5 %);
- вычисляется высота порога резервного водосброса из гидравлических условий по формуле (3);
- рассчитывается по формуле (4) высота порога водосброса из условий водопользования;
- при близких полученных значениях порога водосброса по гидравлическим условиям и условиям водопользования это значение принимают как окончательное;
- в случае если высота порога водосброса по условиям водопользования значительно больше, чем по гидравлическим условиям, то увеличивают количество секций до $N=2...3$ и все расчеты по определению высоты вставки $H_{\text{вст}}$ и высоты порога водосброса $H_{\text{прг}}$ повторяют путем последовательных приближений до получения близких значений $H_{\text{прг}}$ по гидравлическим условиям и условиям водопользования.

Выводы

В процессе исследований установлено, что преимуществами предлагаемой конструкции резервного водосброса с размываемой вставкой по сравнению с другими конструкциями водосбросов являются невысокая стоимость строительства, простота устройства, а также значительно меньший общий возможный ущерб в случае аварии плотины, поскольку часть избыточного паводка будет заранее сбрасываться через резервный водо-

сброс и более длительно распределяться по времени.

В результате проведенных исследований была разработана методика расчета высоты размываемой вставки и высоты водосливного порога, которая учитывает гидравлические условия пропуска паводка редкой повторяемости и требования водопользователей. В соответствии с полученными авторами зависимостями высота размываемой вставки зависит от общего расхода резервного водосброса, коэффициента расхода водослива с широким порогом, параметров трапецеидального сечения вставки и количества секций водосброса, а высота порога – от необходимого водопользователям объема воды в водохранилище и соответствующей ему площади зеркала водохранилища.

Установлено, что за окончательную высоту порога водосброса принимается наибольшее значение, полученное по гидравлическому расчету и с учетом требований водопользователей. В случае если высота порога водосброса по условиям водопользования значительно больше, чем по гидравлическим условиям, то увеличивают количество секций до $N_i = (N_{i+1} + 1) \dots (N_{i+1} + n)$ и все расчеты по определению высоты вставки $H_{\text{вст}}$ и высоты порога водосброса $H_{\text{прг}}$ повторяют путем последовательных приближений до получения близких значений $H_{\text{прг}}$ по гидравлическим условиям и условиям водопользования.

Список использованных источников

1 Гидротехнические сооружения. Основные положения: СП 58.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 33-01-2003): утв. Минрегионом России 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М.: Минрегион России, 2013. – 38 с.

2 Гидротехнические сооружения / Н. П. Розанов, Я. В. Бочкарев, В. С. Лапшенков, Г. И. Журавлев, Г. М. Каганов, И. С. Румянцев; под ред. Н. П. Розанова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 432 с.

3 Гидротехнические сооружения / И. А. Васильева, Г. И. Журавлев, С. Н. Корюкин, П. Е. Лысенко, Н. П. Розанов, Г. К. Сушаков; под ред. Н. П. Розанова. – М.: Стройиздат, 1978. – 647 с.

4 Косиченко, Ю. М. Применение резервных водосбросов в грунтовых плотинах для пропуска паводковых расходов [Электронный ресурс] / Ю. М. Косиченко, Е. Д. Михайлов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич.

изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – № 2(14). – 14 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=252&id=263>.

5 Косиченко, Ю. М. Быстровозводимый резервный водосброс низконапорного гидроузла малого водохранилища [Электронный ресурс] / Ю. М. Косиченко, К. В. Морогов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 4(08). – 14 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=131&id=138>.

6 Косиченко, Ю. М. Теоретическая оценка водопроницаемости противифльтрационной облицовки нарушенной сплошности / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Известия высших учебных заведений. Технические науки. – 2014. – № 3. – С. 68–74.

7 Пономарчук, К. Р. Экспериментальные исследования процесса разрушения грунтовых плотин / К. Р. Пономарчук, А. М. Прудовский // Гидротехническое строительство. – 1997. – № 4. – С. 5.

Косиченко Юрий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке, Российский научно-исследовательский проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация.

Контактный телефон: (8635) 26-51-11.

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Kosichenko Yuriy Mikhaylovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Science, директора по науке, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation.

Contact telephone number: (8635) 26-51-11.

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Михайлов Евгений Дмитриевич – младший научный сотрудник, Российский научно-исследовательский проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация.

Контактный телефон: +7 952 584-10-73.

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Mikhaylov Yevgeniy Dmitriyevich – Junior Researcher, Russian Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation.

Contact telephone number: +7 952 584-10-73.

E-mail: rosniipm@yandex.ru