

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРАННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НА ТЕОРЕТИЧЕСКИ РАССЧИТАННУЮ ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОДОПРОУСКНОГО ОТВЕРСТИЯ НА КАНАЛЕ

АБДРАЗАКОВ Фярид Кинжаевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

МИХЕЕВА Ольга Валентиновна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

СЕРЕБРЕННИКОВ Федор Васильевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В зависимости от выбранной методики расчета меняется полученный пропускной расход. В статье рассмотрен ряд методик расчета пропускной способности отверстия квадратного сечения, изменение ее величины в зависимости от выбранной методики.

102

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

11
2020



Введение. В настоящее время в связи с удорожанием водных ресурсов все актуальнее вопрос о проверке принятых во время проектирования расходов на практике в реальных условиях. На стадии проектирования допускается отклонение, в зависимости от принятой методики, не более 1–2 %, однако для эксплуатирующих организаций данный разброс может оказаться слишком большим и повлечет дополнительные затраты. На примере водосброса, расположенного на канале, рассмотрим, как изменится величина расхода для водопропускного отверстия квадратного сечения в зависимости от различных методов расчета.

Цель исследования – исследовать влияние выбранной методики расчета на теоретически полученный пропускной расход.

Методика исследований. Исследуемый объект расположен на ПК 65 магистрального канала малой Балаковской оросительной системы (МБОС).

Канал расположен в земляном русле, уклон канала составляет 0,0001, глубина канала на

ПК 65 – 1,6 м (рис. 1). Уровень воды в канале на момент открытия затвора составляет 1,6 м. Отверстие, перекрытое вне эксплуатации металлическим листом, квадратного сечения 50×50 см, находится на высоте 1,1 м от дна канала. В период сброса воды металлический лист вынимают, и вода свободно изливается из отверстия квадратного сечения. Уровень воды поддерживается постоянным.

Отверстия являются большими, если давление в пределах их живого сечения переменное, а скорость увеличивается по мере удаления от верхней кромки отверстия. Рассмотрим большое отверстие произвольной формы в тонкой стенке. Напор по верхней кромке отверстия H_1 , по нижней – H_2 . Выделим в большом отверстии горизонтальную полоску высотой dH , которую будем рассматривать как площадь малого отверстия. Напор для такого отверстия полагаем постоянным и равным H . Элементарный расход, проходящий через эту горизонтальную полоску:

$$dQ = \mu b(H) dH \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода условного малого отверстия в виде полоски; H – напор для малого отверстия.

Полагаем, что $\mu = \text{const}$ для всех узких горизонтальных полосок, на которые разбивается большое отверстие.

Расход, проходящий через все горизонтальные полоски, получим, интегрируя dQ , а постоянные величины выносим за знак интеграла:

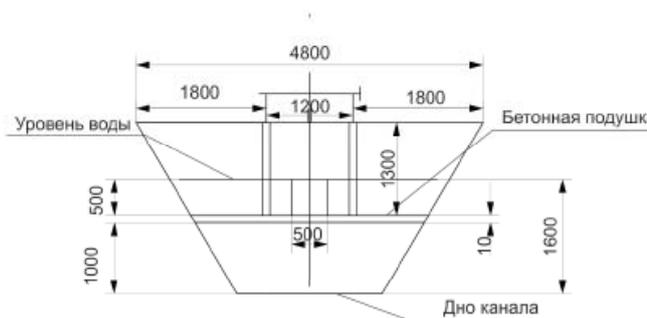


Рис. 1. Поперечное сечение канала на ПК 65

$$Q = \mu \sqrt{2g} \int_{H_1}^{H_2} b(H) H^{\frac{1}{2}} dH. \quad (2)$$

При нахождении расхода по формуле (2) необходимо знать функциональную зависимость переменной ширины от высоты большого отверстия.

Рассмотрим частный случай большого отверстия прямоугольной формы (рис. 2). Ширина отверстия равна b . Расход жидкости для прямоугольного отверстия согласно зависимости (2) после интегрирования:

$$Q = \mu b \sqrt{2g} \int_{H_2}^{H_1} b(H) H^{\frac{1}{2}} dH = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} H_2^{\frac{3}{2}} - H_1^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

Величину $\frac{2}{3} \mu$ обозначим за m_0 .

На магистральном канале Малой Балаковской оросительной системы ПК 65 приспособление для перекрытия выполнено в виде шандорного затвора.

Если приспособление для перекрытия устроено в виде шандорного затвора, тогда отверстие работает по схеме водослива с острым порогом (рис. 3, 4).

Шандорные водоспуски рассчитывают по формуле водослива с тонкой стенкой:

$$Q = m_0 b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}. \quad (4)$$

Значения коэффициентов расхода водослива с тонкой стенкой определим по формулам Ба-

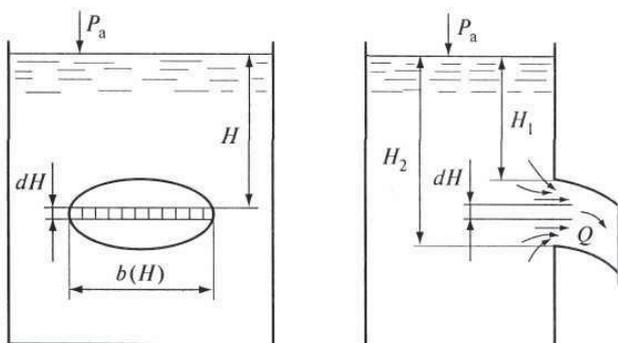


Рис. 2. Истечение из большого отверстия произвольной формы

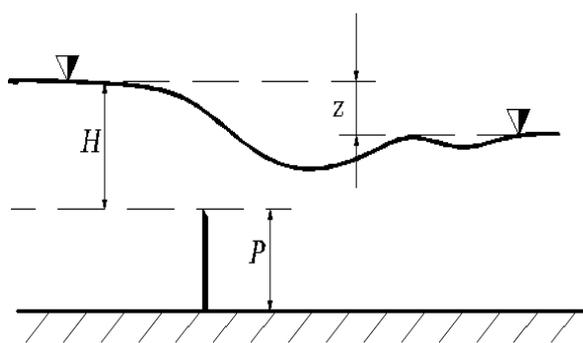


Рис. 3. Водоспуск с шандорным затвором. Схема для расчета

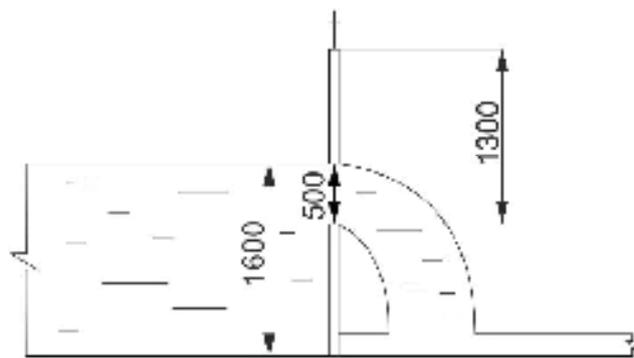


Рис. 4. Расчетная схема для расчета водопропускного отверстия на ПК 65 магистрального канала малой Балаковской оросительной системы (МБОС)

зена, Чугаева и Ребока. Погрешность определения расходов по этим формулам не превышает 1–2 %.

Значение коэффициентов расхода, вычисленные по формуле Базена [3, 6, 7], приведены в табл. 1.

Результаты исследований. Водосбросное отверстие на канале имеет квадратное сечение размерами 50×50 см, что является частным случаем истечения из прямоугольного отверстия, рассмотрим, как изменится пропускаемый расход в зависимости от выбранной методики расчета. Для сравнения рассмотрим несколько методов расчета.

Для квадратного отверстия с размерами 50×50 см коэффициент расхода вычислим по формуле Базена [1, 3, 4]:

$$m_0 = (0,405 + 0,0027 / H) (1 + 0,55 (H^2 / (H + H_n))^2) = 0,432.$$

Расход воды, проходящий через сечение будет равен:

$$Q = m_0 b \sqrt{(2g) H^3} = 0,338 \text{ м}^3/\text{с} = 1217,75 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По формуле Чугаева [3, 6] для $P \geq 0,5 H$ и $H \geq 0,1 \text{ м}$:

$$m_0 = 0,402 + 0,054 H/P.$$

Таким образом, для отверстия 50×50 см получим коэффициент расхода:

$$m_0 = 0,402 + 0,054 H/P = 0,418.$$

Расход в данном случае составит:

$$Q = m_0 b \sqrt{(2g) H^3} = 0,328 \text{ м}^3/\text{с} = 1180,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По формуле Ребока [3, 6, 7] коэффициент расхода определяют по формуле

$$m_0 = 0,402 + 0,054 H/P + 0,0007/H.$$

Для отверстия 50×50 см коэффициент расхода равен:

$$m_0 = 0,402 + 0,054 H/P + 0,0007/H = 0,420.$$

Расход составит:



Значение Коэффициента m_0 для водослива с тонкой стенкой (формула Базена)

Подпор В М	Высота стенки водослива со стороны верхнего бьефа, м									
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0
0,14	0,464	0,448	0,440	0,436	0,433	0,430	0,428	0,426	0,425	0,424
0,16	0,468	0,450	0,441	0,436	0,432	0,428	0,426	0,424	0,423	0,422
0,18	0,472	0,453	0,442	0,436	0,432	0,428	0,425	0,423	0,422	0,420
0,20	0,476	0,455	0,444	0,437	0,433	0,428	0,425	0,422	0,420	0,419
0,22	0,480	0,460	0,446	0,439	0,434	0,428	0,425	0,421	0,420	0,417
0,24	0,484	0,462	0,440	0,448	0,435	0,428	0,425	0,421	0,419	0,416
0,26	0,488	0,467	0,451	0,442	0,436	0,429	0,425	0,420	0,418	0,415
0,28	0,492	0,468	0,453	0,444	0,438	0,430	0,426	0,420	0,418	0,415
0,30	0,496	0,471	0,456	0,446	0,439	0,431	0,426	0,420	0,418	0,414
0,35	-	0,479	0,462	0,451	0,444	0,434	0,428	0,421	0,418	0,413
0,40	-	0,486	0,468	0,457	0,448	0,437	0,430	0,422	0,417	0,412
0,45	-	0,492	0,474	0,462	0,452	0,440	0,434	0,423	0,419	0,411
0,50	-	0,499	0,480	0,467	0,457	0,444	0,436	0,425	0,419	0,410
0,60	-	-	0,491	0,477	0,466	0,451	0,441	0,428	0,421	0,410
0,70	-	-	0,500	0,485	0,474	0,458	0,447	0,432	0,424	0,409

$$Q = m_0 b \sqrt{2g} H^{3/2} = 0,329 \text{ м}^3/\text{с} = 1184 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Видно, что в зависимости от выбранного метода расчета изменяется величина коэффициента расхода, что существенным образом влияет на величину пропускаемого через отверстие расхода.

Ошибка в определении расхода по вышеприведенным формулам не превышает 1–2 %, что допустимо для определения предварительного расхода на стадии проектирования [2, 5].

По формуле для широкого отверстия коэффициент μ принимается равным 0,65, тогда:

Для отверстия 50×50 см расход составит:

$$Q = 2/3 \cdot 0,65 \cdot 0,5 \sqrt{(2 \cdot 9,81)} \cdot 0,5^{3/2} = 0,3393 \text{ м}^3/\text{с} = 1221 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По методу Н.Н. Павловского с учетом скорости подхода расход определяется по формуле [4, с. 332]:

$$Q = 2/3 \mu b \sqrt{(2 \cdot g)} \cdot \left((H_2 + \frac{v^2}{2g})^{3/2} - (H_1 + \frac{v^2}{2g})^{3/2} \right).$$

Для отверстия 50×50 см канал имеет параметры: $h = 1,6$ м, $b = 5$ м, $m_1 = m_2 = 1,25$, площадь живого сечения составит 11,2 м², смоченный периметр

$$\chi = b + 2h \sqrt{1 + m^2} = 10,12 \text{ м},$$

скорость движения воды в канале $V = 0,71$ м/с. Пропускной расход с учетом скорости движения воды в канале составит:

$$Q = 2/3 \mu b \sqrt{(2 \cdot g)} \cdot \left((H_2 + \frac{v^2}{2g})^{3/2} - (H_1 + \frac{v^2}{2g})^{3/2} \right) = 0,36 \text{ м}^3/\text{с} = 1296 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Используем табличные значения коэффициента расхода μ для определения предварительного

Таблица 2

Значения коэффициента расхода μ для предварительного расхода гидросооружений (по Н.Н. Павловскому)

Тип отверстия	μ
Малые отверстия с полным сжатием	0,6
Отверстия средних размеров со сжатием струи со всех сторон при отсутствии направляющих стенок в среднем	0,65
Отверстия больших размеров с несовершенным, но всесторонним сжатием, без более точного определения условий подхода воды к отверстию в среднем	0,7



ного расхода гидросооружений (по Н.Н. Павловскому) [6, 7], табл. 2.

Увеличим коэффициент расхода μ до 0,69, тогда получим, что для отверстия 50×50 см расход составит:

$$Q = 2/3 \cdot 0,69 \cdot 0,5 \sqrt{(2 \cdot 9,81) \cdot 0,5^3} = 0,36 \text{ м}^3/\text{с} = 1296 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Заключение. Таким образом, расход, рассчитанный по разным методикам, колеблется от 1180 до 1296 м³/ч. Все методики могут быть использованы на стадии проектирования гидротехнических сооружений. Однако, необходимо уточнение пропускаемого расхода в период эксплуатации во избежание завышения или занижения подаваемого расхода потребителям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абдразаков Ф.К., Михеева, О.В. Расчет пропускной способности через отверстие шандронного водосбора прямоугольного сечения размерами 50×50 см и 90×34 см на ПК 65 магистрального канала МБОС (малой Балаковской оросительной системы): отчет. – Саратов, 2020.

2. Абдразаков Ф.К., Чуркина К.И. Состояние оросительных каналов Саратовского Заволжья и пути повышения их эффективности // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 4. 3. Гидравлика: учебник и практикум для академического бакалавриата / В.А. Кудинов [и др.]. 4-е изд., перераб. и доп. – М., 2015. – 386 с. – С. 68–70.

4. Есин А.И. К вопросу о нестационарном течении воды в открытом канале // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений: Межвуз. науч. сборник. – Саратов, 2016. – С. 12–19.

5. Михеева, О.В. Основные научно-технические проблемы при эксплуатации каналов в земляном русле // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: IV Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов, 2013. – С. 268–269.

6. Ухин Б.В. Гидравлика: учеб. пособие. – М: Инфа-М, 2009. – 464 с.

7. Чугаев Р.Р. Гидравлика: учебник для вузов. – 4-е изд., доп. и перераб. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отделение, 2008. – 672 с.

Абдразаков Фярид Кинжаевич, д-р техн. наук, проф. кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Михеева Ольга Валентиновна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Серебренников Федор Васильевич, д-р техн. наук, проф., Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская. 60.

Тел.: (8452) 74-96-63.

Ключевые слова: расход; пропускная способность; коэффициент расхода; канал.

STUDY OF THE EFFECT OF THE SELECTED CALCULATION METHODS ON THEORETICAL CALCULATED FLOW CAPACITY

Abdrzakov Fyarid Kinzhaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Environmental Engineering, Construction and Heat Power Engineering", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Mikheeva Olga Valentinovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Environmental Engineering, Construction and Heat Power Engineering", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Serebrennikov Fedor Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: flow rate; carrying capacity; flow coefficient; channel.

Depending on the chosen calculation method, the obtained throughput rate changes. The article discusses a number of methods for calculating the carrying capacity of a square section, changing its value, depending on the chosen technique.

