

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ФГБОУ ВПО Кубанский государственный
аграрный университет

**МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РЫБОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА
ВОДОЗАБОРАХ**

**Методическое пособие
для магистров техники и технологий по направлению
280400 «Природообустройство»**

Методика исследований

Краснодар 2012

УДК 626.22:001.8
ББК 38.77

Рецензент: канд. техн. наук, профессор Крылова Н.Н.

Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е.

Методика гидравлических исследований для обоснования эффективности рыбозащитных мероприятий на водозаборах: Методическое пособие для магистров техники и технологий по направлению 280400 «Природообустройство»/Е.В. Кузнецов, А.Е. Хаджиди. – Краснодар, 2012. – 16 с.

Пособие предназначено для магистрантов в качестве примера применения методики гидравлических исследований для теоретического обоснования отдельных элементов конструкций водозаборных сооружений из открытых водных объектов. Пособие позволяет методически обосновать параметры исследуемой конструкции водозабора методом математического анализа. В качестве основного метода исследований приняты гидравлические методы.

Методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения (протокол № 5 от 16.01.2012г.)

Методическое пособие одобрено, рекомендовано и использовано в учебном процессе методической комиссией факультета Водохозяйственное строительство и мелиорация (протокол № 5 от 30.01.2012г.)

© ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

	ВЕДЕНИЕ	С. 4
1	Теоретическое обоснование геометрических параметров «Запани»	5
2	Обоснование геометрических размеров водоприемного отверстия «Запани»	10
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	15

ВЕДЕНИЕ

Для решения научных и практических задач для народного хозяйства необходимо овладеть умением правильно выполнять исследования отдельных элементов или комплекса элементов различных гидротехнических сооружений.

От правильно поставленной методики исследований зависит достоверность полученных результатов, которая определяет значимость решения той или иной задачи. Достоверность результатов исследований оценивается различными критериями. К основным критериям относят критерии Фишера, Кохрена и др.

В данном пособии рассмотрена методика исследований с использованием теоретического аппарата гидравлики, где в качестве объекта исследования служили водоприемные отверстия запани, предназначенной для защиты молоди рыб при орошении риса на Петровско – Анастасиевской оросительной системе (ПАОС),

На вододелительном Тиховском гидроузле построено головное мелиоративное водозаборное сооружение ПАОС, где в его составе имеется рыбозащитное сооружение – запань.

Методика исследований посвящена совершенствованию конструкции запани в составе рыбоохранного комплекса для повышения эффективности защиты молоди рыб, попадающей в водозаборное сооружение.

1 Теоретическое обоснование геометрических параметров «Запани»

В результате экспериментальных исследований на физической модели РЗС «Запань» установлено, что для увеличения эффективности рыбозащиты запани необходимо дополнительное водоприемное отверстие для отвода скопившейся молоди рыб перед забральной стенкой сеточных камер. Отверстие создает эжекционный эффект, при помощи которого молодь рыб потоком будет захватываться в рыбоотвод и отводится в безопасное место водоприемника.

Оптимизация геометрических параметров водоприемного отверстия была выполнена с помощью уравнения баланса энергии в месте слияния потоков. При решении задачи сделаны следующие допущения. Считали, что движение жидкости до и после отверстия установившееся. Живые сечения потока остаются плоскими в месте слияния потоков. Давление в жидкости по глубине распределяется по закону гидростатики. Для случая до и после слияния потоков запани (рисунок 1) запишем уравнение баланса энергии для сечений 1–1 и 2–2:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2}, \quad (1)$$

где $Z_1; Z_2$ – геометрический напор в сечениях 1 – 1 и 2 – 2;

$p_1; p_2$ – гидростатическое давление в сечениях 1 – 1 и 2 – 2;

$V_1; V_2$ – средние скорости потока в сечениях 1 – 1 и 2 – 2;

h_{1-2} – потери энергии между сечениями 1 – 1 и 2 – 2;

1 – 1 и 2 – 2 – живые сечения, соответственно, до и после слияния потоков.

Проанализируем каждый член уравнения баланса энергии. Полка запани имеет уклон, равный 0, поэтому $Z_1 = Z_2$. Будем считать, что гидростатическое давление в сечениях изменяется

незначительно, так как приток из аванкамеры в запань составляет менее 10% от расхода самой запани и около 1% от расхода водозабора. Скорости потока до и после отверстия практически не изменяются или изменяются, но незначительно, вследствие малого притока расхода к запани. Поэтому глубина потока у запани водоприемного отверстия возрастает незначительно.

Скорости потока в сечениях 1 – 1 и 2 – 2 заменим через соответствующие им расходы

$$V_1 = \frac{Q_1}{\omega_1}; V_2 = \frac{Q_2}{\omega_2} = \frac{(Q_1 + Q_0)}{\omega_2}, \quad (2)$$

где Q_2 – расход запани после слияния потоков;

Q_1 – расход запани до слияния потоков;

Q_0 – расход водоприемного отверстия;

ω_1 – площадь живого сечения потока в сечении 1 – 1;

ω_2 – площадь живого сечения потока в 2 – 2.

Потери энергии h_{1-2} в месте слияния потоков для установившегося движения жидкости найдем по формуле:

$$h_{1-2} = \frac{\xi \cdot V_2^2}{2g}, \quad (3)$$

где ξ – коэффициент сопротивления в месте слияния потоков, зависящий от соотношения расходов и угла сливающихся потоков.

Разность пьезометрических напоров, входящих в уравнение (1), будем вычислять по выражению:

$$\Delta H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g}, \quad (4)$$

Заменим через $A_1 = 2 \cdot g \cdot \omega_1^2$ и $A_2 = 2 \cdot g \cdot \omega_2^2$. Далее будем считать, что $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, (где α – коэффициент неравномерности распределения скоростей по живому сечению потока).

С учетом всех принятых допущений и подстановок параметров в уравнение (1), получим:

$$\Delta H = \frac{V_2^2}{2g} + \xi \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g}. \quad (5)$$

Преобразуем уравнение (5). Произведем замену скоростей потоков через соответствующие им расходы:

$$V_1^2 = \frac{Q_1^2}{\omega_1^2}; \quad V_2^2 = \frac{Q_2^2}{\omega_2^2},$$

будем иметь:

$$\Delta H = \frac{Q_2^2}{A_2} - \xi \frac{Q_2^2}{A_2} - \frac{Q_1^2}{A_1}. \quad (6)$$

Или в окончательном виде, получим:

$$\Delta H = Q_2^2 \cdot \left(\frac{1}{A_2} + \frac{\xi}{A_2} \right) - \frac{Q_1^2}{A_1}, \quad (7)$$

где $Q_2 = Q_1 + Q_0$.

В уравнении (7) расход эжекционного отверстия неизвестен. Для того чтобы найти его, воспользуемся формулой расхода для больших прямоугольных отверстий в тонкой стенке:

$$Q_0 = \mu \omega_0 \sqrt{2g\Delta H}, \quad (8)$$

где μ – коэффициент расхода эжекционного отверстия;
 ω_0 – площадь живого сечения эжекционного отверстия
 в стенке запани мелиоративного водозабора;

Принимаем геометрические параметры эжекционного отверстия в виде прямоугольника. При этом считаем, что приток через боковое эжекционное отверстие запани происходит под действием перепада уровней ΔH . Отверстие подтоплено, следовательно, будем учитывать степень его подтопления. В этом случае коэффициент подтопления будет зависеть от относительного перепада уровня над отверстием ($\sigma_{II} = f\left(\frac{\Delta H}{H_0}\right)$), где H_0 – напор с учетом скорости подхода. Из формулы (8) найдем перепад уровней ΔH :

$$\Delta H = \frac{Q_0^2}{\sigma_n \cdot \mu^2 \cdot \omega_0^2 \cdot 2g} \quad (9)$$

Решая совместно уравнения (7) и (9), считая, что коэффициент расхода учитывает степень подтопления отверстия, получим выражение:

$$\frac{Q_0^2}{\mu^2 \cdot \omega_0^2 \cdot 2g} = Q_2^2 \cdot \left(\frac{1}{A_2} + \frac{\xi}{A_2} \right) - \frac{Q_1^2}{A_1} \quad (10)$$

Из полученного выражения найдем площадь водоприемного отверстия:

$$\omega_0^2 = \frac{Q_0^2}{\mu^2 \cdot 2g \cdot \left[Q_2^2 \cdot \left(\frac{1}{A_2} + \frac{\xi}{A_2} \right) - \frac{Q_1^2}{A_1} \right]}, \quad (11)$$

и

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{Q_0^2}{\mu^2 \cdot 2g \cdot \left[Q_2^2 \cdot \left(\frac{1}{A_2} + \frac{\xi}{A_2} \right) - \frac{Q_1^2}{A_1} \right]}}, \quad (12)$$

где $\omega_0 = b h_{cp}$.

Ширину водоприемного отверстия прямоугольной формы вычислим из выражения:

$$b = \frac{\omega_0}{h_{cp}}. \quad (13)$$

В полученную формулу (12), служащую для вычисления площади живого сечения водоприемного отверстия запани, входит коэффициент сопротивления ξ . Из проведенного анализа литературы по слиянию потоков, величина коэффициента сопротивления будет зависеть от ряда факторов, таких как угол слияния потоков, относительных расходов при слиянии потоков, формы входного отверстия. Замарин Е.А. для безнапорных потоков рекомендует коэффициент сопротивления принимать $0,4 \div 1$ в зависимости от условий входа потока на водослив. Для напорных потоков Киселев П.Г. рекомендует коэффициент сопротивления в месте слияния потоков принимать $0,5 \div 1$. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. приводят значения коэффициентов сопротивлений в месте слияния потоков в зависимости от относительных расходов, который в зависимости от условий входа для относительного расхода $0,05 \div 0,1$ находится в диапазоне $0,5 \div 0,8$.

Приведем (12) к более удобному виду, после преобразования получим:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{Q_0^2}{\mu^2 \cdot 2g \cdot Q_2 \cdot \frac{1}{A_2} \cdot (1 + \xi) - \frac{1}{A_1}}}, \quad (14)$$

где $Q_2 = Q_1 + Q_0$.

Следовательно, анализируя зависимость (14) можно сделать вывод о том, что ширина водоприемного отверстия запани прямоугольной формы будет зависеть от относительных расходов отверстия, до и после слияния потоков, площадей живых се-

чений 1 – 1 и 2 – 2, коэффициентов расхода и сопротивления отверстия прямоугольной формы в месте слияния потоков.

Зависимость (13) служит для вычисления ширины отверстия. Формула (14) определяет площадь живого сечения водоприемного прямоугольного отверстия запани для перехвата скапливающейся молоди рыб в поверхностных слоях потока между запанью и забральной стенкой сеточных камер.

Будем использовать формулы (13, 14) для обоснования геометрических размеров водоприемного отверстия запани для оптимизации водопользования на головном мелиоративном водозаборе ПАОС.

2 Обоснование геометрических размеров водоприемного отверстия «Запани»

Водозабор ПАОС рассчитан на пропуск максимального расхода $120 \text{ м}^3/\text{с}$. Поэтому все геометрические параметры отверстия запани должны отвечать нормативным требованиям рыбозащиты при головном мелиоративном водозаборе при максимальном заборе воды на орошение риса. Максимальный забор воды на ПАОС приходится на период интенсивного ската молоди рыб в р. Кубань.

При максимальном расходе $120 \text{ м}^3/\text{с}$ глубина потока в аванкамере устанавливается 4,46 м. Полка запани располагается на высоте 3 м от дна аванкамеры, поэтому можно считать, что глубина потока в запани будет постоянной и равной 1,46 м. Данное предположение подтверждается опытными данными, выполненными на физической модели водозабора ПАОС.

Дополнительный относительный расход притока воды к запани не должен снижать эксплуатационные характеристики водозабора. Приток расхода к отверстию прямоугольной формы для создания эффекта эжекции не должен превышать $3 \div 10 \%$ расхода запани. В абсолютных величинах приток будет составлять $0,3 \div 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$, но по отношению к расходу водозабора ПАОС составит $0,25 \div 0,83 \%$.

Следовательно, оптимизация геометрических размеров запани должна проходить при максимальном расходе запани – 11 м³/с. Считаем, что относительный расход притока к водоприемному отверстию изменяется в относительных величинах 0,03 ÷ 0,1 относительно максимального расхода запани.

Гидравлическими расчетами установлено, что перепад уровней до и после водоприемного отверстия составляет в среднем 0,03м при изменении относительных расходов в данном диапазоне. Обработка опытных данных проводилась по формуле (14) при гидравлических параметрах: относительный расход был в диапазоне 0,03 ÷ 0,1; коэффициент сопротивления при входе потока в водоприемное отверстие изменялся от 0,3 до 1; коэффициент расхода $\mu = 0,25 \div 0,6$.

Коэффициент расхода μ в условиях эжекции безнапорного потока недостаточно изучен, поэтому его величину назначали из предположения, что прямоугольное отверстие может работать как большое отверстие на гребне водослива.

Результаты обработки опытных данных представлены на графиках (рисунок 1). Установлено, что при увеличении относительного расхода водоприемного отверстия от 0,03 до 0,1 увеличивается ширина прямоугольного отверстия от 0,176 до 0,549м (рисунок 2). Данная закономерность описывается уравнением:

$$B = -4,88 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_1}\right)^2 + 5,84 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_1}\right) + 0,006, \quad (15)$$

где $\left(\frac{Q_0}{Q_1}\right)$ – относительный расход отверстия запани.

Зависимость (15) получена для коэффициента $\zeta = 0,7$ и при $\mu = 0,6$.

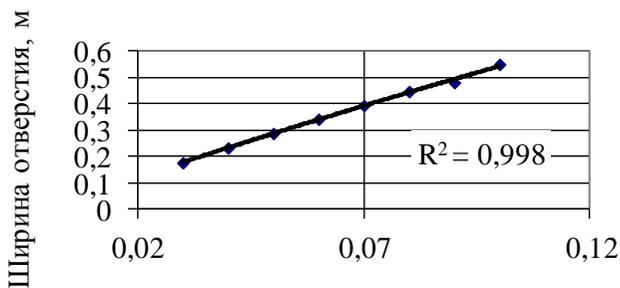


Рисунок 1 - Зависимость ширины водоприёмного отверстия запани от относительного расхода

Вид уравнения (15) сохраняется для других условий слияния потока.

Установим, как влияет ширина отверстия на пропускную способность. Пропускную способность можно оценить коэффициентом расхода отверстия. Будем считать, что при изменении ширины отверстия от 0,549 до 1,246 м коэффициент расхода уменьшается от 0,6 до 0,3 при одном и том же расходе притока к отверстию. При дальнейшем увеличении ширины B (более 1,25 м) происходит истечение через отверстие из лотка запани в аванкамеру.

Наблюдается отток расхода из запани в аванкамеру при постоянном относительном расходе 0,1. Аналогичная картина получается при относительных расходах $0,03 \div 0,09$. Следовательно, увеличение размеров отверстия запани приводит к отрицательному эффекту рыбозащиты водозаборного сооружения. На рисунке 2 представлена графическая зависимость $\mu = f(B)$, которая описывается полуэмпирической формулой (16):

$$\mu = 0,52B^2 - 1,34B + 1,17. \quad (16)$$

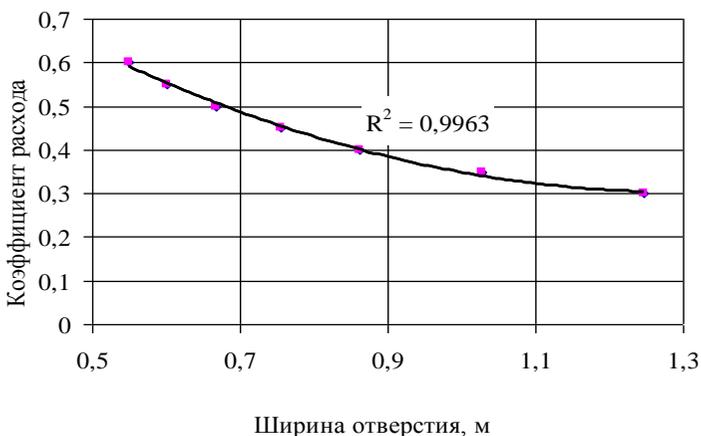


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента расхода от ширины водоприемного отверстия запани

Установлено, что ширина так же оказывает влияние на коэффициент сопротивления отверстия ξ . Эту закономерность описывает график (рисунок 3). При возрастании ξ в 5 раз ширина прямоугольного отверстия уменьшается в 1,35 раза. Коэффициент ξ при максимальном относительном расходе отверстия 0,1 определяется по полуэмпирической формуле:

$$\xi = 15,35B^2 - 22,56B + 8,43. \quad (17)$$

В случае водозаборного сооружения ПАОС молодь рыб будет скапливаться в аванкамере перед забральной стенкой сеточных камер. Поэтому водоприемное отверстие прямоугольной формы устраивали на физической модели в конце запани, где скапливалась основная масса молоди рыб.

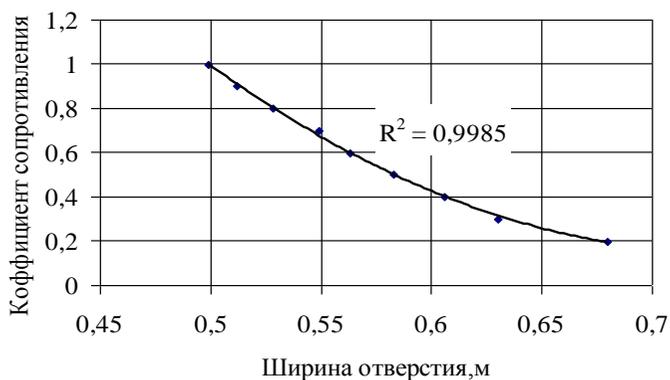


Рисунок 3 - Зависимость коэффициента расхода от ширины водоприемного отверстия запани

Следовательно, при оптимизации геометрических параметров водоприемного отверстия необходимо учитывать величину притока относительного расхода к отверстию запани водозабора ПАОС и коэффициента расхода отверстия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная методика позволяет с помощью гидравлических методов оценивать эффективность работы элементов водозаборных сооружений для решения задачи по водопользованию с учетом охраны рыбных ресурсов.

Методика исследования показывает, как с помощью основных уравнений гидравлики можно решать крупные практические задачи при проектировании рыбозащитных сооружений и повышении эксплуатационной надежности водозаборных сооружений в составе гидроузлов на водных объектах.

Учебное издание

Кузнецов Евгений Владимирович
Хаджиди Анна Евгеньевна

**МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РЫБОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ВОДОЗАБОРАХ**

Методическое пособие

Подписано в печать _____ формат _____
Усл. печ. л 1,0 п.л. Тираж 50 экз. Заказ _____

Отпечатано в типографии Куб. ГАУ
350044, г. Краснодар, Калинина, 13