

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Научная статья

УДК 626.885

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-142-157

Конструктивные решения зон отдыха рыб на прямолинейных участках рыбоходных каналов

Алексей Викторович Шевченко¹, Виктор Николаевич Шкура²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

²VNShkura@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

Аннотация. Цель: разработать конструктивные решения зон отдыха для рыб, устраиваемых на прямолинейных участках рыбоходных каналов. **Материалы и методы.** Эмпирическую основу разработки составили данные исследований, выполненных на действующих рыбоходных каналах и рыбопропускных шлюзах Донского каскада низконапорных речных гидроузлов, а также материалы известных и авторских исследований плавательной способности и особенностей поведения анадромно-мигрирующих рыб. При обработке опытных данных использовались методы анализа и синтеза экспериментального материала, а при разработке конструктивных решений зон отдыха – технологии опытного конструирования. **Результаты и обсуждение.** Исходные материалы исследований на действующих рыбопропускных сооружениях (рыбопропускных шлюзах и рыбоходных каналах) определили необходимость устройства в трактах рыбоходных каналов зон отдыха для мигрирующих по ним рыб. Конструктивно зоны отдыха формируются устройством заглубленных или расширенных участков трактов рыбоходных каналов, что позволяет уменьшить скорость течения в них, увеличить объемы жизненного пространства и создать условия для восстановления энергетического потенциала мигрирующих гидробионтов. Геометрические параметры и гидравлические характеристики зон для отдыха рыб зависят от совокупности взаимосвязанных морфометрических и гидрологических условий трактов каналов (определяющих навигационные условия миграционного перемещения) и биологических особенностей анадромно-мигрирующих рыб (преимущественно определяемых плавательной способностью). **Выводы.** Сформулированы общие положения по проектированию зон отдыха для рыб, и разработаны их типичные заглубленные, расширенные и комбинированные конструктивные решения для условий прямолинейных трактов рыбоходных каналов. Типичное решение разноглубинной и расширенной конструкции зоны отдыха апробировано (адаптировано) для рыбоводно-биологических, топографических и гидротехнических условий Кочетовского рыбоходного канала.

Ключевые слова: рыбоходные каналы, анадромные миграции рыб, скорости течения, плавательная способность рыб, конструкции зон отдыха

Для цитирования: Шевченко А. В., Шкура В. Н. Конструктивные решения зон отдыха рыб на прямолинейных участках рыбоходных каналов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 142–157. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-142-157>.

HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

Structural solutions for fish recreation areas on straight sections of fish channels

Alexey V. Shevchenko¹, Victor N. Shkura²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

¹rigge1111@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4839-6377>

²VNShkura@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4639-6448>

Abstract. Purpose: to develop structural solutions for recreation areas for fish, arranged on straight sections of fish channels. **Materials and methods.** The empirical basis for the development was the data of studies carried out on the existing fish passage channels and fish passage locks of the Don cascade of low-head river hydroelectric facilities, as well as materials from known and author's studies of the swimming ability and behavioral characteristics of anadromous migratory fish. When processing experimental data, methods of analysis and synthesis of experimental material were used, and when developing constructive solutions for recreation areas, experimental design technologies were used. **Results and discussion.** The initial materials of research on the existing fish passage structures (fish passage locks and fish passage channels) determined the need for construction of recreation areas for fish migrating through them in the fish passage channels. Structurally, recreation areas are formed by the arrangement of deepened or expanded sections of fish channels tracts, which makes it possible to reduce the flow velocities in them, increase the volume of living space and create conditions for restoring the energy potential of migrating aquatic organisms. The geometrical parameters and hydraulic characteristics of fish resting areas depend on the totality of interrelated morphometric and hydrological conditions of the canal tracts (determining the navigational conditions of migratory movement) and the biological features of anadromously migratory fish (mainly determined by swimming ability). **Conclusions.** General provisions for the design of recreation areas for fish are formulated, and their typical deepened, expanded and combined design solutions for the conditions of straight tracts of fish passages are developed. A typical solution for a different-depth and extended design of a recreation area has been tested (adapted) for fish-breeding, biological, topographic and hydrotechnical conditions of the Kochetovsky fish passage channel.

Keywords: fish passing channels, anadromous fish migrations, flow velocities, swimming ability of fish, design of recreation areas

For citation: Shevchenko A. V., Shkura V. N. Structural solutions for fish recreation areas on straight sections of fish channels. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(2):142–157. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-142-157>.

Введение. К настоящему времени все большую актуальность и практическую востребованность приобретают рыбоходные каналы, устраиваемые с целью обеспечения прохода анадромно-мигрирующих рыб в обход возникающих на их пути препятствий (порогов или плотин) – к местам нереста. В сложившейся практике рыбоводного обустройства водных объектов ряд таких сооружений построен и эксплуатируется на Нижнем Дону – в составе низконапорных Николаевского и Константиновского гидроузлов на р. Дон и Усть-Манычского гидроузла на р. Западный Маныч [1–6]. Известны предложения по конструктивным решениям рыбоходных и рыбо-

ходно-нерестовых каналов [7–9]. В части указанных и других публикаций отмечена необходимость устройства в трактах рыбоходных каналов зон отдыха для рыб. И при этом рекомендации по их обоснованию и конструктивным решениям отсутствуют. В определенной степени указанное обстоятельство предопределило отсутствие зон отдыха для анадромно-мигрирующих рыб на вышеуказанных действующих рыбоходных каналах и на строящемся канале в составе Багаевского гидроузла на р. Дон.

Материалы и методы. Эмпирическую базу разработки конструктивных решений зон отдыха составили данные авторских исследований, выполненных на действующих водных объектах Нижнего Дона, и известные конструктивные разработки рыбоходных каналов. При разработке конструкций зон отдыха, устраиваемых на прямолинейных рыбоходных трактах, использовались технологии поискового конструирования.

Результаты и обсуждение. Необходимость устройства зон отдыха определяется особенностью анадромно-миграционного поведения рыб, характеризующейся сочетанием периодов интенсивного движения против течения и отстоя мигрантов в зонах речных русел с относительно невысокими скоростями водного потока [10–14]. Реализации указанного режима миграционного перемещения способствует перекадно-плесовая морфология речных русел и наличие в них зон с разными глубинами и скоростями течений. Указанные морфологические и гидрологические особенности речных русел отсутствуют в обследованных действующих рыбоходных каналах Николаевского и Константиновского гидроузлов на р. Дон. В большей степени однообразные морфометрические и гидрологические особенности характерны для прямолинейных участков рыбоходных каналов, что и предопределяет необходимость устройства в пределах их трактов зон отдыха, формирующих и имитирующих условия плесовых участков естественных природных водотоков (рек).

Обследование действующих рыбоходных каналов, устроенных на Донском каскаде речных гидроузлов, позволяет отметить нижеследующее.

1 Водные потоки, протекающие по трактам обследованных Нижне-Донских рыбоходных каналов, характеризуются относительно высокими значениями средних скоростей течения по их живому сечению, составляющими: на Николаевском нерестово-рыбоходном канале 0,92 и 1,45 м/с при расходах от 30,4 до 52 м³/с соответственно, на Усть-Манычских рыбоходных каналах в пределах искусственно устроенных плесов 0,60–0,70 м/с и 2,5 м/с на гребнях перекатов.

2 Тракты обследованных рыбоходных каналов имеют значительную протяженность, составляющую 6140, 6489 и 1800 м на Николаевском, Константиновском и Усть-Манычском гидроузлах соответственно.

3 Обследованные каналы предназначены для прохода по ним различных видов и размеров проходных, полупроходных и туводных рыб, обладающих различными плавательными способностями и биологическими особенностями поведения в периоды и в процессе нерестовых миграций.

4 Тракты каналов характеризуются высокой степенью прямолинейности, одинаковыми формами и размерами их поперечных сечений на всей протяженности каналов с одинаковыми значениями скоростей течения.

Указанные обстоятельства определяют условия и реальную возможность проявления фактов усталости и ската рыб при их перемещении по трактам рыбоходных каналов в процессе анадромных миграций. Для восстановления энергетического потенциала и двигательной способности часть мигрирующих (интенсивно перемещающихся) рыб может нуждаться в отдыхе (отстое). В качестве таких пространств рыбами могут использоваться устраиваемые в трактах зоны отдыха, представляющие собой участки рыбоходных каналов с большей площадью живого сечения потока, большим объемом жизненного пространства и уменьшенными (относительно средних значений) скоростями течения водного противотока.

Учитывая функциональное предназначение внутриканальных зон отдыха для рыб, при их проектировании принимают во внимание нижеследующие условия и положения по разработке их конструктивных решений.

1 Форма и геометрические параметры зон отдыха морфологически и гидравлически увязываются с характеристиками трактов каналов и топографическими условиями территории их расположения. Через пространство зон отдыха должен пропускаться расчетный расход рыбоходного канала. Конструктивное исполнение зоны отдыха в плане и по высоте физически связывается и гидравлически увязывается с соответствующими характеристиками рыбоходного канала на входе в зону отдыха рыб и на выходе их из нее. Для выполнения указанного требования по морфологическому и гидравлическому сопряжению тракта канала и зон отдыха предусматривается устройство входного и выходного сопрягающих участков.

2 Размеры и пространственно-морфологическая форма зоны отдыха назначаются с соблюдением биологических требований, определяемых использующими их жизненное пространство рыбами. При определении рыбоходческих условий и ограничений учитываются видовые, размерные и плавательные характеристики рыб и биологические особенности их анадромно-миграционного поведения. При этом учитывается одновременное пребывание в зонах отдыха лито-, рео- и фитофилов со значимо отличающимися потребностями рыб в глубинах, скоростях и объемах (параметрах) необходимого для них жизненного акваториального пространства. Указанное обстоятельство предопределяет необходимость формирования в акваториях зон отдыха с разноглубинными и разноскоростными участками.

Определенными ограничениями по скорости водного потока в зонах отдыха являются данные о показателях плавательной способности рыб, соответствующих нижнему уровню крейсерских скоростей плавания, составляющих для проходных осетровых (осетра, севрюги) 0,80 м/с, рыбаца –

0,67 м/с, шемаи – 0,64 м/с, проходной сельди – 0,77 м/с, леща – 0,56 м/с, судака – 0,62 м/с, тарани – 0,53 м/с. Указанные значения скоростей течения в зонах отдыха являются ориентировочными в связи с влиянием на них биогенных (физиологическое состояние рыб) и абиогенных (физические и химические показатели воды) факторов и условий ориентации рыб.

Необходимые объемы жизненного пространства для нахождения одной особи рыб в рыбонакопителе Кочетовского рыбопропускного шлюза, которые могут быть приемлемы для условий зон отдыха рыб, установленные авторскими исследованиями [1], приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Необходимые размеры жизненного пространства для свободного нахождения одной особи рыб

Table 1 – The necessary dimensions of life space for free presence of one fish individual

Вид рыб	Удельный объем на одну особь рыб, м ³	Удельная площадь на одну особь рыб, м ²
Осетровые проходные	0,40	1,10
Рыбец	0,12	0,017
Шемая	0,11	0,016
Сельдь проходная	0,08	0,018
Лещ	0,10	0,018
Чехонь	0,12	0,030

Необходимые размеры акваториального пространства зон отдыха устанавливаются с учетом прогнозируемых количеств единовременно мигрирующих по рыбоходному каналу рыб по видам и данных таблицы 1.

Указанные выше требования обеспечиваются соответствующими условиям объекта конструктивными решениями зон отдыха. При этом обязательным условием конструкции является увеличение размеров трактов рыбоходных каналов на определенных участках. Повышение объемов жизненного пространства в пределах таких зон достигается за счет увеличения глубины или ширины трактов рыбоходных каналов. Примеры конструктивных решений таких зон отдыха приведены на рисунках 1 и 2.

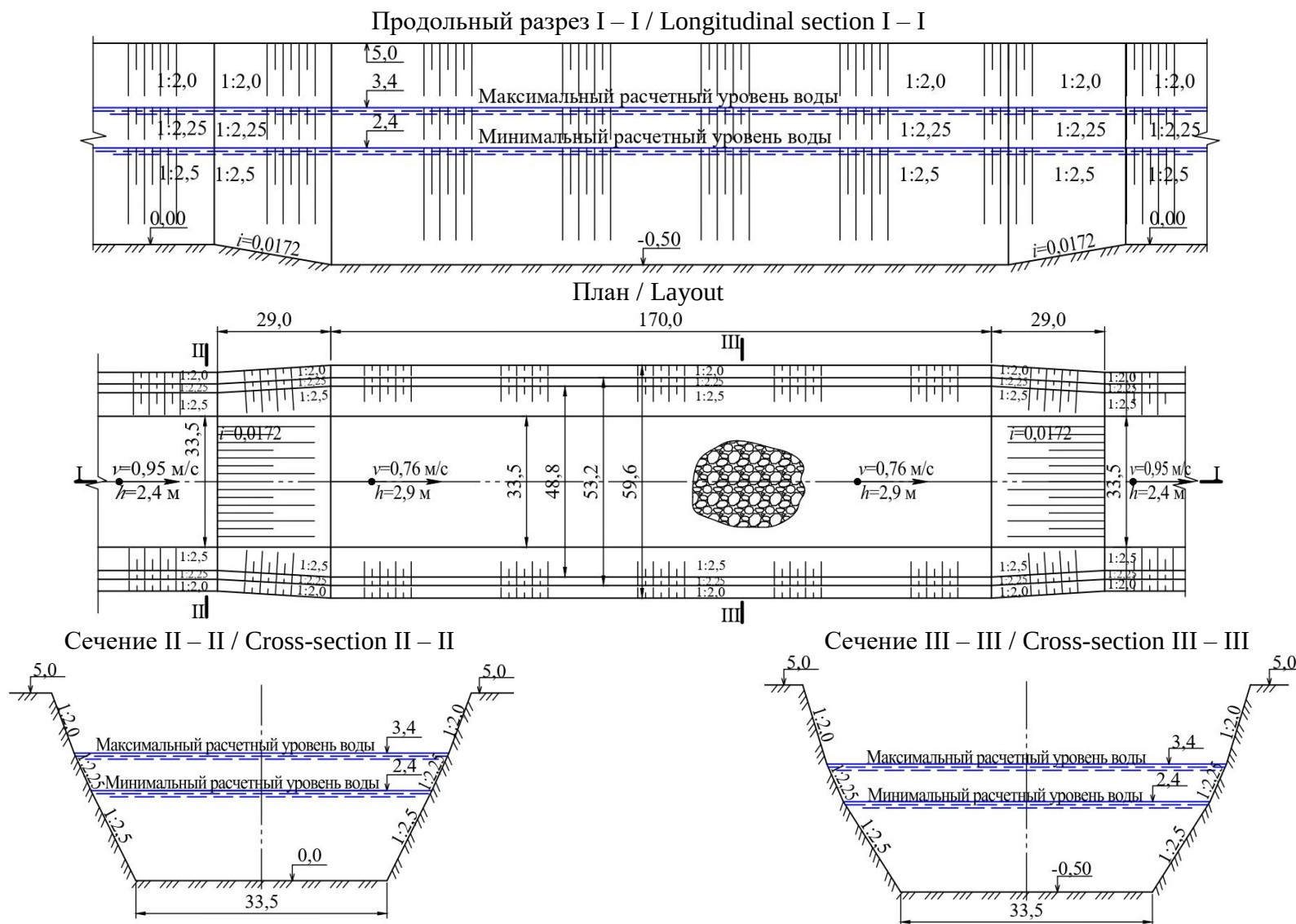


Рисунок 1 – Конструкция зоны отдыха на рыбоходном канале с углублением русла
Figure 1 – The design of the recreation area on the fish-way canal with a channel degradation

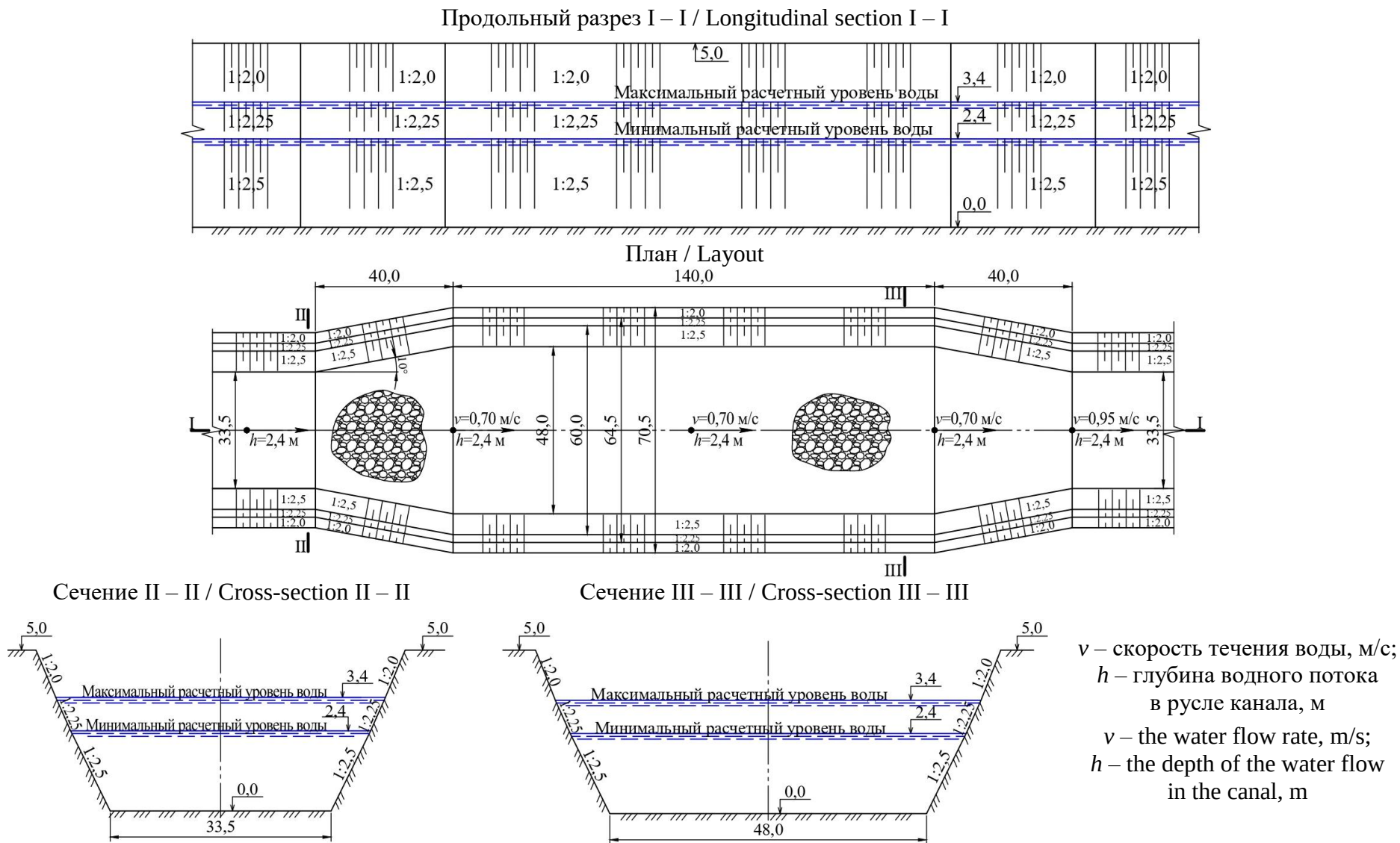


Рисунок 2 – Конструкция зоны отдыха на рыбоходном канале с уширением русла
Figure 2 – The design of the recreation area on the fish-way canal with the channel widening

Схема с углублением дна русла канала (по рисунку 1) предусматривает входной и выходной переходы (переходные участки), обеспечивающие сопряжение дна тракта на подходе рыб к зоне отдыха и выходе их из нее. Сопряжения донных поверхностей устраивается посредством пологосклоновых участков с углами наклона их поверхности к горизонту, составляющими $\alpha_{\text{ск}} = 1,0^\circ$ ($i_{\text{ск}} = 0,075$), исключающими отрыв струи водного потока и обеспечивающими условия для тактильной ориентации рыб.

Углубленные участки русла, формирующие зоны отдыха для рыб по рисунку 1, позволяют увеличить объем жизненного пространства и снизить скорости течения до уровня нижнего предела оптимальных скоростей плавания. Данное решение отличается конструктивной простотой, но ограничивается по размерам площадей живого сечения потока величиной допустимого для рыб заглубления русла. Данное конструктивное решение преимущественно приемлемо для рыб, обитающих и перемещающихся в придонных слоях водного потока (в частности, для осетровых видов рыб).

Для рыб, обитающих в водной толще и перемещающихся при миграциях (в процессе нерестового хода) вдоль берегов водотоков, более приемлемы конструктивные решения зон отдыха, реализуемые за счет двустороннего расширения русла рыбоходного канала. Схема зоны отдыха, формирующейся за счет расширения русла рыбоходного канала в плане (по рисунку 2), предусматривает наличие конфузорного (сужающегося) и диффузорного (расширяющегося) участков. При их устройстве должно быть соблюдено требование безотрывности протекания потока, что обеспечивается «ропуском» откосов канала под углом, не превышающим 10° .

Кроме одновидовых схем (только с углублением или расширением русла) предлагаются комбинированные схемы, предусматривающие изменение ширины и глубины русла на разных уровнях водного потока по глубине. Конструктивное решение по комбинированной схеме акваториального пространства зоны отдыха проиллюстрировано на рисунке 3.

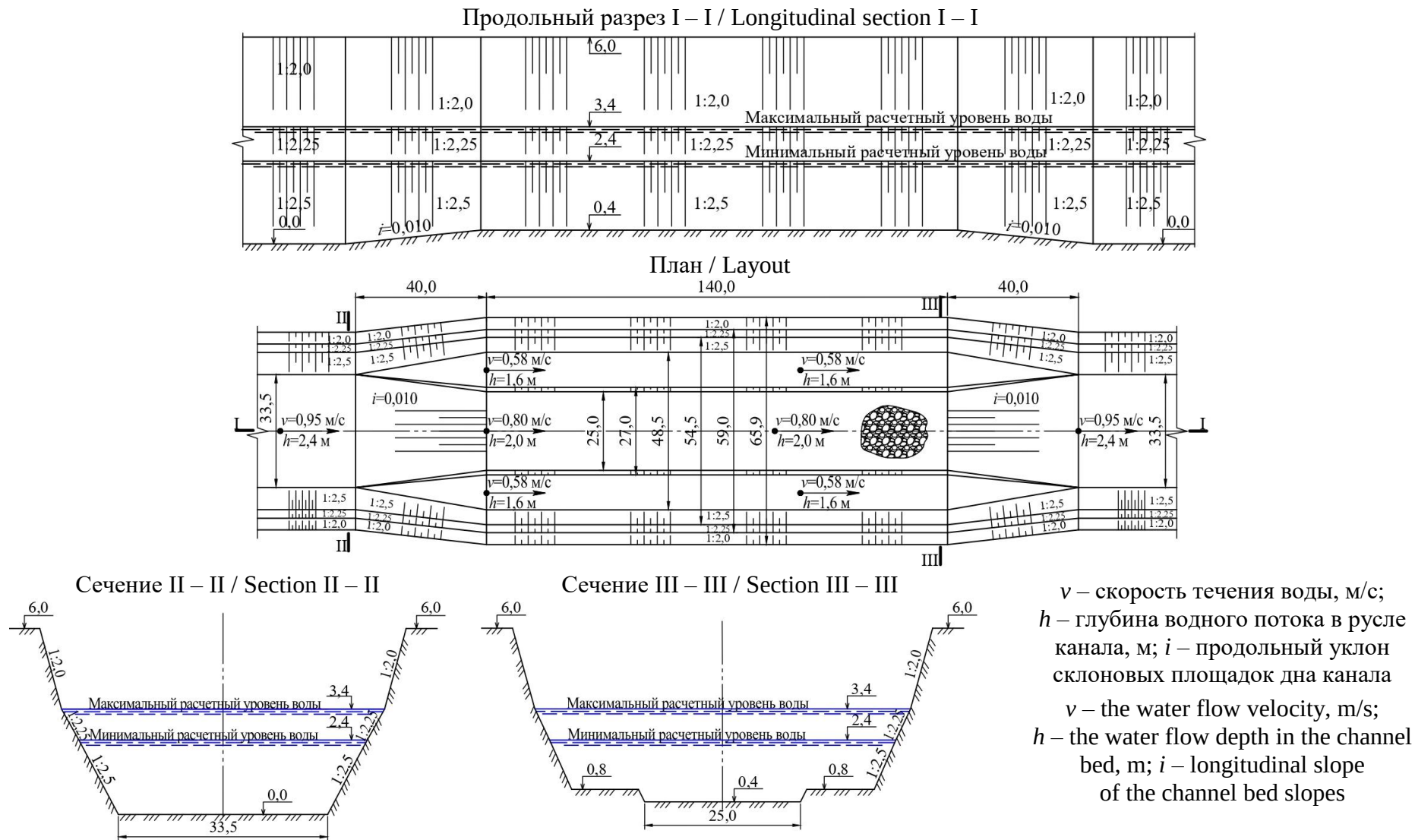


Рисунок 3 – Типичная схема комбинированной конструкции зоны отдыха рыб

Figure 3 – A typical scheme of the combined design for a fish recreation area

В порядке апробации предположенных выше схем зон отдыха для рыб, мигрирующих по рыбоходным каналам, рассмотрена возможность их устройства на Кочетовском рыбоходном канале.

Канал проектируется с целью обеспечения пропуска к местам нереста более 30 видов мигрирующих рыб в обход Кочетовского гидроузла на р. Дон и характеризуется нижеследующими параметрами: расход канала – $90 \text{ м}^3/\text{с}$, средняя скорость течения водного потока по его тракту – $0,95 \text{ м/с}$, протяженность тракта канала – $8,6 \text{ км}$. Поперечное сечение тракта канала предлагается выполнить трапецеидальным с расчетной глубиной $2,6 \text{ м}$, шириной по дну $30,0 \text{ м}$ и заложением откосов $1:2,5$. В пределах тракта канала имеются прямолинейные участки, один из которых выбран для устройства на нем зоны отдыха для рыб. Предлагаемая конструкция этой зоны на Кочетовском канале изображена на рисунке 4.

Приведенное на рисунке 4 конструктивное решение зоны отдыха характеризуется нижеследующими особенностями и параметрами.

В конструкции предусматривается использовать комбинированную схему конструктивного решения, характеризуемую изменением глубины и ширины русла. Участки тракта канала перед входом рыб в зону отдыха и выходом из нее выполнены расширяющимися на входе и сужающимися на выходе. Сопряжение канала с зоной отдыха осуществляется посредством пандусных поверхностей дна. При этом на входе рыб в зону предусмотрено плавное (под углом 1°) повышение отметок дна, а на выходе рыб из зоны – плавное понижение поверхности дна в направлении дна канала.

В пределах зоны отдыха для мигрирующих рыб предусмотрено устройство разноглубинных участков, в пределах которых скорости течения водного потока составляют $0,60$ и $0,80 \text{ м/с}$ при средней скорости потока по всему живому сечению зоны отдыха, составляющей $0,70 \text{ м/с}$.

Указанные скоростные и пространственно-объемные параметры зоны отдыха соответствуют биологическим требованиям мигрирующих рыб.

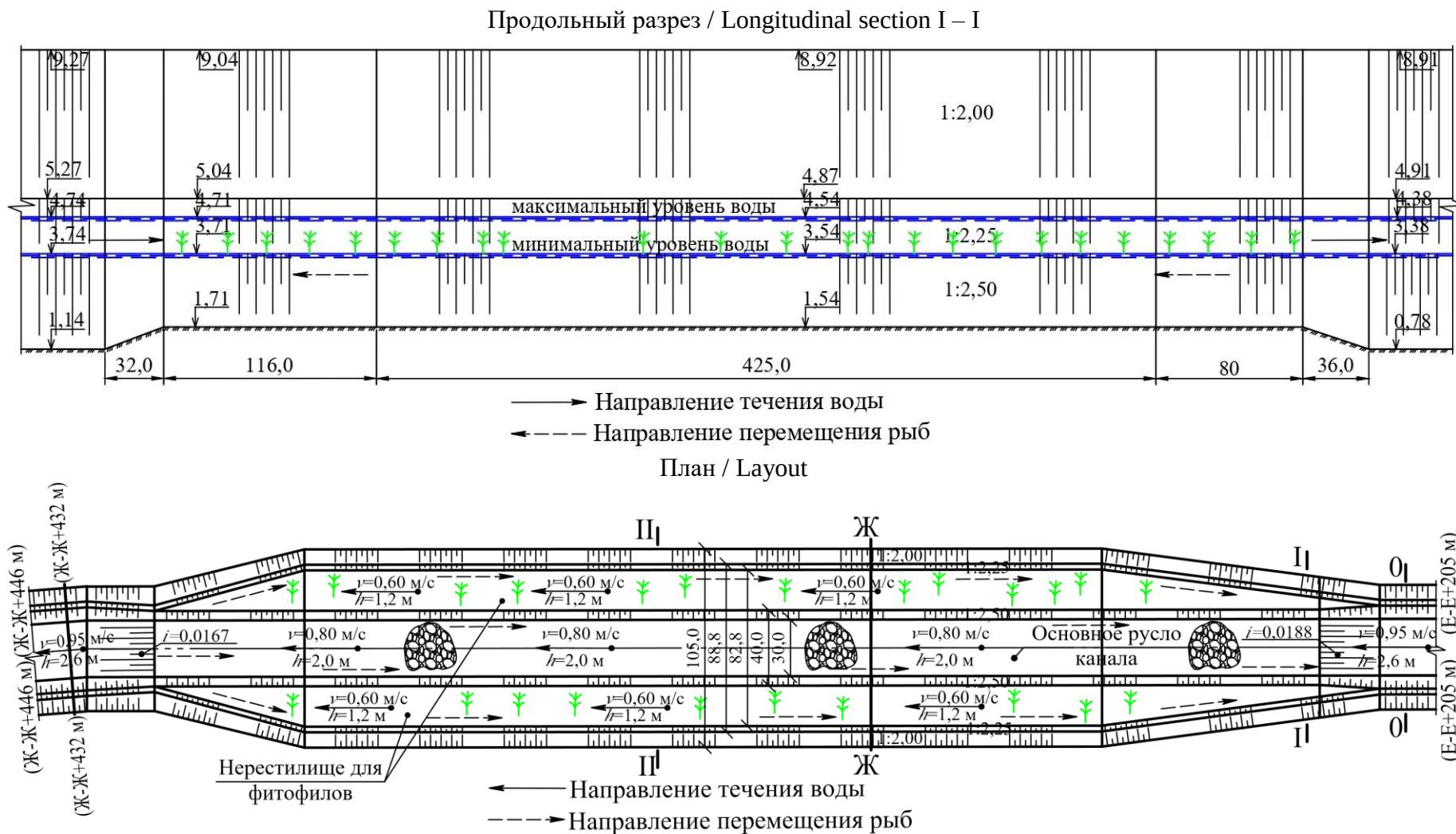


Рисунок 4 – Конструктивное решение зоны отдыха для рыб, лист 1

Figure 4 – Structural solution for a fish recreation area, sheet 1

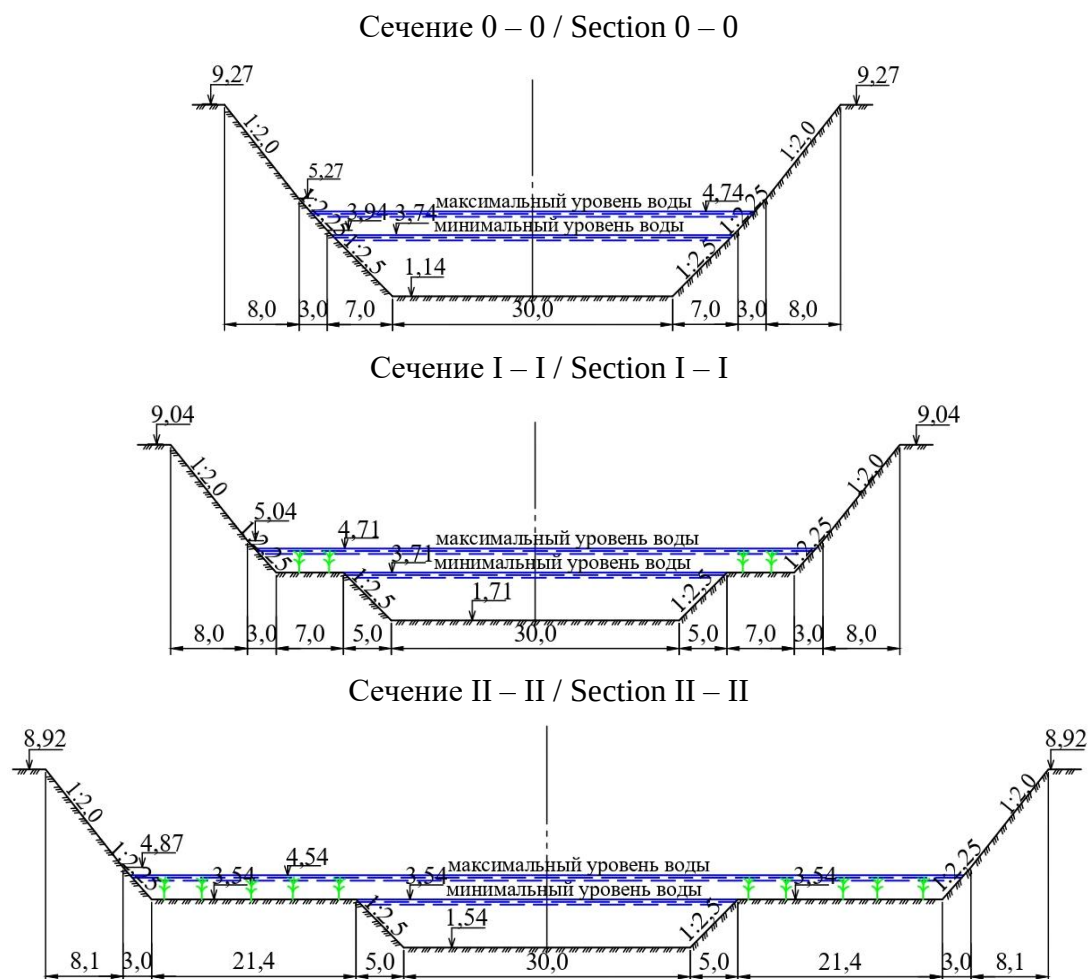


Рисунок 4 – Конструктивное решение зоны отдыха для рыб, лист 2

Figure 4 – Structural solution for a fish recreation area, sheet 2

Выводы

1 Разработаны типичные (углубленные, расширенные и комбинированные) конструктивные схемы зон отдыха для рыб, устраиваемых на прямолинейных участках рыбоходных каналов.

2 В порядке апробации предложено конструктивное решение зоны отдыха для рыб применительно к условиям рыбоходного канала, устраиваемого для прохода анадромно-мигрирующих (проходных и полупроходных видов) рыб в обход Кочетовского гидроузла на р. Дон.

Список источников

1. Шкура В. Н. Рыбопропускные сооружения. В 2 ч. Ч. 1. М.: Рома, 1999. 380 с.
2. Шкура Вл. Н. Рыбоходные и рыбоходно-нерестовые каналы: монография / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т ДГАУ. Новочеркасск: Лик, 2012. 204 с.

3. Шкура Вл. Н. Рыбоводные мелиорации малых и средних степных рек (обоснование путей и средств их реализации): монография / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т ДГАУ. Новочеркасск, 2015. 198 с.

4. Опыт эксплуатации обводных нерестово-рыбоходных каналов при низконапорных гидроузлах на Нижнем Дону / С. П. Воловик, И. Ф. Ковтун, А. А. Корнеев, В. Н. Шкура, В. П. Боровской // Гидротехнические рыбохозяйственные сооружения и русловая гидротехника: сб. ст. / Гос. агропром. ком. СССР, Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Картунова. Новочеркасск, 1986. С. 10–20.

5. Малеванчик Б. С., Никоноров И. В. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. М.: Лег. и пищевая пром-сть, 1984. 256 с.

6. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87 [Электронный ресурс]: СП 101.1330.2012: утв. Минрегионразвития России 30.06.12: введ. в действие с 01.01.13. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095534> (дата обращения: 10.12.2021).

7. Чистяков А. А. Конструкции рыбоходов / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: Темп, 2006. 532 с.

8. Пат. 2299289 Российская Федерация, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходный канал / Чистяков А. А., Шкура В. Н.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. № 2005113631/03; заявл. 04.05.05; опубл. 20.05.07, Бюл. № 14. 13 с.

9. Чистяков А. А. Конструкции рыбоходных и рыбоходно-нерестовых каналов: учеб. пособие / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск, 2004. 150 с.

10. Павлов Д. С., Скоробогатов М. А. Миграции рыб в зарегулированных реках. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2014. 413 с.

11. Павлов Д. С. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М.: Наука, 1979. 320 с.

12. Баев О. А., Гарбуз А. Ю., Шкура В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительно-обводнительного канала и малой реки // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2(70). С. 151–156.

13. Research on dams and fishes: Determinants, directions, and gaps in the world scientific production / H. R. Pereira, L. F. Gomes, H. O. Barbosa, F. M. Pelicice, J. C. Nabout, F. B. Teresa, L. C. G. Vieira // *Hydrobiologia*. 2020. Vol. 847. P. 579–592. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04122-y>.

14. Fishway in hydropower dams: a scientometric analysis / J. L. Brito-Santos, K. Dias-Silva, L. S. Brasil, J. B. da Silva, A. M. Santos, L. M. de Sousa, T. B. Vieira // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2021, 28 Oct. Vol. 193. P. 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09360-z>.

References

1. Shkura V.N., 1999. *Rybopropusknye sooruzheniya* [Fish Passing Structures]. In 2 parts, pt. 1. Moscow, Roma Publ., 380 p. (In Russian).

2. Shkura V.N., 2012. *Rybokhodnye i rybokhodno-nerestovye kanaly: monografiya* [Fishway and Fish Passing and Spawning Channels: monograph]. Novocherkassk, Lik Publ., 204 p. (In Russian).

3. Shkura V.N., 2015. *Rybovodnye melioratsii malykh i srednikh stepnykh rek (obosnovanie putey i sredstv ikh realizatsii): monografiya* [Fish-Growing Reclamation of Minor and Medium Sized Steppe Rivers (Substantiation of Ways and Means of Their Implementation): monograph]. Novocherkassk, 198 p. (In Russian).

4. Volovik S.P., Kovtun I.F., Korneev A.A., Shkura V.N., Borovskoy V.P., 1986. *Opyt ekspluatatsii obvodnykh nerestovo-rybokhodnykh kanalov pri nizkonapornykh gidrouzlakh na Nizhnem Donu* [Operating experience of bypass spawning-fish canals at low-head water units

in the Lower Don]. *Gidrotekhnicheskiye rybokhozyaystvennye sooruzheniya i ruslovaya gidrotekhnika: sb. st.* [Hydraulic Engineering Fishery Facilities and Canal Hydraulic Engineering: coll. of articles]. Novocherkassk, pp. 10-20. (In Russian).

5. Malevanchik B.S., Nikonorov I.V., 1984. *Rybopropusknye i rybozashchitnye sooruzheniya* [Fishway and Fish Protection Structures]. Moscow, Light and Food Industry, 256 p. (In Russian).

6. *Podpornyye steny, sudokhodnye shlyuzy, rybopropusknye i rybozashchitnye sooruzheniya* [Retaining walls, navigation locks, fish passage and fish protection structures]. Updated edition of SNiP 2.06.07-87. SP 101.1330.2012, available: <https://docs.cntd.ru/document/1200095534> [accessed 10.12.2021]. (In Russian).

7. Chistyakov A.A., 2006. *Konstruktsii rybokhodov* [Design of Fish Passages]. Novocherkassk State Reclamation Academy, Novocherkassk, Temp Publ., 532 p. (In Russian).

8. Chistyakov A.A., Shkura V.N., 2007. *Rybokhodnyy kanal* [Fish Passage]. Patent RF, no. 2299289. (In Russian).

9. Chistyakov A.A., 2004. *Konstruktsii rybokhodnykh i rybokhodno-nerestovykh kanalov: ucheb. posobie* [Design of Fish Breeding and Fish Spawning Channels: textbook]. Novocherkassk State Reclamation Academy, Novocherkassk, 150 p. (In Russian).

10. Pavlov D.S., Skorobogatov M.A., 2014. *Migratsii ryb v zaregulirovannykh rekakh* [Fish Migrations in Regulated Rivers]. Moscow, KMK Publ., 413 p. (In Russian).

11. Pavlov D.S., 1979. *Biologicheskie osnovy upravleniya povedeniem ryb v potoke vody* [Biological Bases of Fish Behavior Control in Water Flow]. Moscow, Nauka Publ., 320 p. (In Russian).

12. Baev O.A., Garbuz A.Yu., Shkura V.N., 2018. *Rybovodnyy kompleks na baze orositel'no-obvodnitel'nogo kanala i maloy reki* [A fish-breeding complex based on an irrigation canal and a small river]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(70), pp. 151-156. (In Russian).

13. Pereira H.R., Gomes L.F., Barbosa H.O., Pelicice F.M., Nabout J.C., Teresa F.B., Vieira L.C.G., 2020. Research on dams and fishes: Determinants, directions, and gaps in the world scientific production. *Hydrobiologia*, vol. 847, pp. 579-592, <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04122-y>.

14. Brito-Santos J.L., Dias-Silva K., Brasil L.S., Da Silva J.B., Santos A.M., De Sousa L.M., Vieira T.B., 2021. Fishway in hydropower dams: a scientometric analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 28 Oct., vol. 193, pp. 1-17, <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09360-z>.

Информация об авторах

А. В. Шевченко – младший научный сотрудник, аспирант;

В. Н. Шкура – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, профессор.

Information about the authors

A. V. Shevchenko – Junior Researcher, Postgraduate Student;

V. N. Shkura – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.01.2022; одобрена после рецензирования 28.03.2022; принята к публикации 12.04.2022.

The article was submitted 20.01.2022; approved after reviewing 28.03.2022; accepted for publication 12.04.2022.