

6
А-53

МСХ СССР
НОВОЧЕРКАССКИЙ ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Малеванчик Борис Семенович

**МЕТОД ВЫБОРА В СИСТЕМЕ ГИДРОУЗЛА
МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ, КОЛИЧЕСТВА И ТИПА
РЫБОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ, РАЗРЯДКА
И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ПЕРЕДВИЖИМЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

05.23.07. Гидротехнические сооружения

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новочеркасск 1973 г.

МСХ СССР
НОВОЧЕРКАССКИЙ ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Малеванчик Борис Семенович

**МЕТОД ВЫБОРА В СИСТЕМЕ ГИДРОУЗЛА
МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ, КОЛИЧЕСТВА И ТИПА
РЫБОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ, РАЗРАБОТКА
И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ПЕРЕДВИЖНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

05.23.07. Гидротехнические сооружения

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новочеркасск 1973 г.

626
453

Работа выполнена во Всесоюзном Ордена Ленина проектно-исследовательском и научно-исследовательском институте «Гидропроект» им. С. Я. Жука и в Новочеркасском инженерно-мелиоративном институте.

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор **И. М. ВОЛКОВ**

Официальные оппоненты:
доктор технических наук **И. И. МЕЧИТОВ**
кандидат технических наук **И. А. ЧАЮК**

Ведущее предприятие

Главрыбвод Министерства рыбного хозяйства СССР

Автореферат разослан **12 сентября** 1973 г.

Защита состоится **19 октября** 1973 г. на заседании ученого совета Новочеркасского инженерно-мелиоративного института.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзывы и замечания в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 346409, Новочеркасск-9, Ростовской области, ул. Пушкинская, 111, Ученому Совету НИМИ.

Ученый секретарь совета,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. К. ШУЛЬГА.

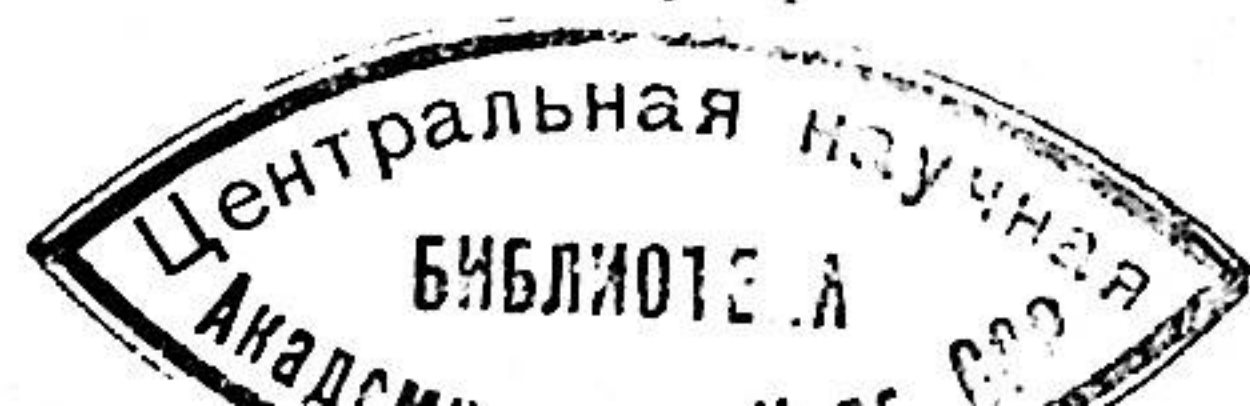
- I -

В связи с развивающимся гидротехническим и мелиоративным строительством в стране все большее значение приобретают вопросы сохранения ихтиофауны внутренних водоемов. Важнейшая часть этой проблемы – пропуск мигрирующих рыб к местам нереста через сооружения гидроузлов, то есть строительство рыбопропускных комплексов.

Известно, что длительное время этому вопросу в нашей стране не уделялось должного внимания. Недостаточно велись теоретические и практические исследования по выбору местоположения и количества рыбопропускных сооружений, слабо разрабатывались их новые типы и конструкции, не проводился также необходимый комплекс исследовательских и экспериментальных работ по изучению поведения рыб в зонах гидротехнических сооружений.

В мировой практике имеются примеры предотвращения отрицательного влияния гидротехнического и мелиоративного строительства на рыбные запасы. После возведения Н.-Тулумской ГЭС с рыбопропускным сооружением запасы семги в р.Тулуме увеличились более чем в два раза. На многих реках Швеции, Норвегии и Финляндии, где построены гидроузлы, удалось увеличить уловы лососевых рыб. Значительный эффект от рыбопропускных сооружений и рыбоводно-мелиоративных мероприятий достигнут в Канаде и США. После строительства гидроузлов на крупнейших нерестовых реках этих стран – Колумбии и Фрейзер – запасы ценных промысловых рыб даже возросли.

И, наоборот, из-за отсутствия удовлетворительно действующих рыбопропускных комплексов фактически исчезли волховский сиг, куринские осетр и лосось, европейский усач и многие другие виды рыб.



К настоящему времени свыше 200 рыбопропускных сооружений возведено в США и Канаде, где все гидроузлы на важных в рыбохозяйственном отношении реках имеют одно или несколько удовлетворительно работающих устройств для пропуска рыбы. Современные конструкции рыбоподъемников эксплуатируются в Японии и Шотландии. Около 100 рыбоходов различного типа имеется в ФРГ, Австрии, Швеции, Норвегии, Польше, Венгрии и Финляндии.

В СССР построено 15 рыбопропускных сооружений. В ближайшее десятилетие намечается возведение еще более двадцати их различных конструкций, для чего будет необходимо затратить около 100,0 млн. рублей. Вложение столь значительных средств целесообразно лишь при гарантии эффективной работы этих устройств. Однако, в настоящее время большинство рыбопропускных сооружений в нашей стране не выполняет своих функций. Основная причина их плохой работы - отсутствие научных основ проектирования.

Учитывая изложенное и актуальность проблемы, была определена цель настоящей работы. При постановке задачи автор исходил из того, что разработка научных основ проектирования рыбопропускных комплексов не может быть выполнена за короткое время и в пределах одной диссертации. Поэтому были выделены из всей проблемы и решены те задачи, от которых в наибольшей степени зависит эффективность рыбопропускных комплексов, а именно:

1) сформулированы основные положения научных основ проектирования рыбопропускных комплексов;

2) разработан метод выбора оптимального местоположения и нужного количества рыбопропускных сооружений в системе гидроузла;

3) обоснована необходимость применения и запроектирован новый прогрессивный тип рыбопропускного сооружения - мобильная установка для накопления и транспортировки рыб с передвижным рыбонакопителем;

4) исследована работа этой установки в лабораторных и натуральных условиях и даны рекомендации по ее конструированию, эксплуатации и расчету привлекающих скоростей потока над сопрягающим устройством;

5) изучены закономерности привлечения и накопления рыб в передвижные рыбонакопители и предложены оптимальные режимы их работы.

Диссертация состоит из введения, шести глав и выводов, изложенных на 174 страницах машинописного текста и имеет список литературы. Работа иллюстрирована 70 рисунками и фотографиями и имеет приложения.

В "введении" кратко обосновывается необходимость и актуальность представляемой работы.

В главе I "Состояние изученности вопроса" выделяются основные факторы, определяются масштабы влияния гидротехнического и мелиоративного строительства на воспроизводство проходных и полупроходных рыб и перечисляются главные мероприятия по их сохранению. Приводятся литературные данные и материалы обследований, показывающие, что при зарегулировании рек сохранение ценных промысловых рыб возможно только при условии обеспечения их естественного воспроизводства. Следовательно, при возведении гидроузлов необходим пропуск рыб к местам нереста, т.е. рыбопропускные сооружения.

Первое такое устройство построено в 1806 г. Несмотря на это, специальная литература по рассматриваемой проблеме насчитывает

менее 200 названий. Только начиная с сороковых годов нашего столетия появились работы, в которых рассматривались вопросы проектирования рыбопропускных комплексов (М.И.Тихий и П.В.Викторов, Г.К.Харчев, G. Denil, Frischholz). В последнее время этой проблеме посвящены работы З.М.Киппера, И.М.Волкова, П.Ф.Конonenko и И.К.Федичкина, М.М.Гришина, Е.И.Карповой, Л.М.Нусенбаума, Б.С.Малеванчика, Г.Н.Ряховской, G. Clay, I. Brett и др. Поведение рыб в водотоках и способы использования особенностей их ориентации для привлечения в рыбопропускные сооружения изучались Н.П.Наумовым, Б.П.Мантейфелем, А.Г.Поддубным, В.Р.Протасовым, Д.С.Павловым, Collins и др. авторами.

В конце главы I приведены составленные нами терминология и современная классификация рыбопропускных сооружений.

Разработке метода выбора местоположения и количества рыбопропускных сооружений в системе гидроузла посвящена глава II.

Эффективность пропуска производителей рыб через сооружения гидроузла зависит от того, насколько успешно решена задача привлечения рыб к рыбоаккумуляторам рыбопропускных устройств со всей, иногда весьма обширной зоны поисков. Эта задача решается, главным образом, обоснованным выбором оптимального местоположения, необходимого количества и типа рыбопропускных сооружений в системе гидроузла.

По разным, изложенным в диссертации причинам, не был разработан научно-обоснованный метод выбора этих параметров, что является основной причиной неудовлетворительной работы рыбопропускных комплексов, а во многих случаях и несоответствия их своему назначению.

С целью устранения имеющихся недостатков, нами разработан метод выбора местоположения, количества и типа рыбопропускных

сооружений в системе гидроузла, научной предпосылкой которого является существующая диалектическая взаимосвязь между средой - водным пространством нижнего бьефа гидроузла - и объектом - идущей на нерест рыбой.

Непосредственным следствием этой взаимосвязи являются возможности формирования среды (с целью создания оптимальных условий привлечения) и управления поведением рыб для направления их к рыбопропускному сооружению.

В диссертации показано, что для обеспечения эффективного пропуска рыб через сооружения гидроузла должны учитываться не только требования, обусловленные его работой как энергетического или гидротехнического сооружения на водотоке, но и исследоваться, выявляться и формироваться наиболее благоприятные условия для привлечения рыб к рыбопропускным устройствам. Поэтому предлагается проектирование гидроузла осуществлять следующими этапами:

1. Выявление закономерностей поведения рыб в водотоке, которые используются для управления их движением в зонах гидротехнических сооружений; сюда относятся особенности перемещения и способы ориентации рыб в пространстве, реакция на различные скорости потока и на всевозможные раздражители.

2. Изучение гидравлики реки и деформации ее русла в районе строительства гидроузла с целью выявления существующих условий миграции рыб.

3. Проведение лабораторных исследований для выявления необходимости, возможности и путей формирования условий, наиболее благоприятных для привлечения рыб.

4. Изменение по результатам этих исследований и при соответствующем технико-экономическом обосновании параметров гидро-

узла, таких, как компоновка и конструкция сооружений, конфигурация русла в зоне поисков, режим работы водосбросов и т.д., то есть осуществление проектно-исследовательских работ по формированию наиболее благоприятных условий для привлечения рыб из зоны поисков в рыбопропускное устройство.

5. Составление аналитической схемы трасс движения и возможных мест концентрации у гидроузла мигрирующих рыб, учитывающей выявленные особенности их поведения, особенности ориентации и намеченные проектом мероприятия по формированию условий для привлечения рыб.

6. Подбор необходимой группы и типа рыбопропускного сооружения и разработка такой его конструкции, которая наилучшим образом выполняла бы функции привлечения и пропуска мигрирующих рыб в условиях запроектированного гидроузла.

Ниже дана блок-схема предложенного метода. Глава II завершается разбором способов выбора местоположения и количества рыбопропускных сооружений для наиболее часто встречающихся на практике условий подхода и концентрации рыб в нижнем бьефе гидроузла.

В начале главы III кратко изложены методики и некоторые результаты изучения поведения рыб в зонах гидротехнических сооружений. Отмечено, что в соответствии с современным уровнем знаний, считается, что для большинства проходных и полупроходных рыб основными способами выбора своего местоположения в водной среде являются ориентация на поток, зрительная и тактильная (осязательная) ориентации. Показаны способы использования этих видов ориентации и особенностей поведения рыб для привлечения мигрантов в рыбноаккумуляторы.

При формировании условий привлечения рыб к рыбопропускным

сооружениям необходимо учитывать следующее:

1) каждому виду рыб соответствуют определенные значения пороговой, привлекающей, сносящей и рывковой скоростей потока, величина которых устанавливается на основании лабораторных, натурных и телеметрических исследований;

2) условия для привлечения рыб необходимо создавать на тех глубинах, на которых они перемещаются;

3) привлекающий поток шлейфа должен быть выделен в основном потоке водосбросных сооружений гидроузла, то есть отличаться от него по скорости на величину, не менее пороговой скорости для данного вида рыб (рис. I).

$$\begin{aligned} U_w &\geq U_p + U_{пор} && \text{при } U_p < U_{сн} \\ U_w &\leq U_p - U_{пор} && \text{при } U_p \geq U_{сн} \end{aligned} \quad (I)$$

4) скорости потока в шлейфе должны быть по величине больше пороговых и меньше сносящих для привлекаемых рыб;

$$U_{пор} < U_w < U_{сн}$$

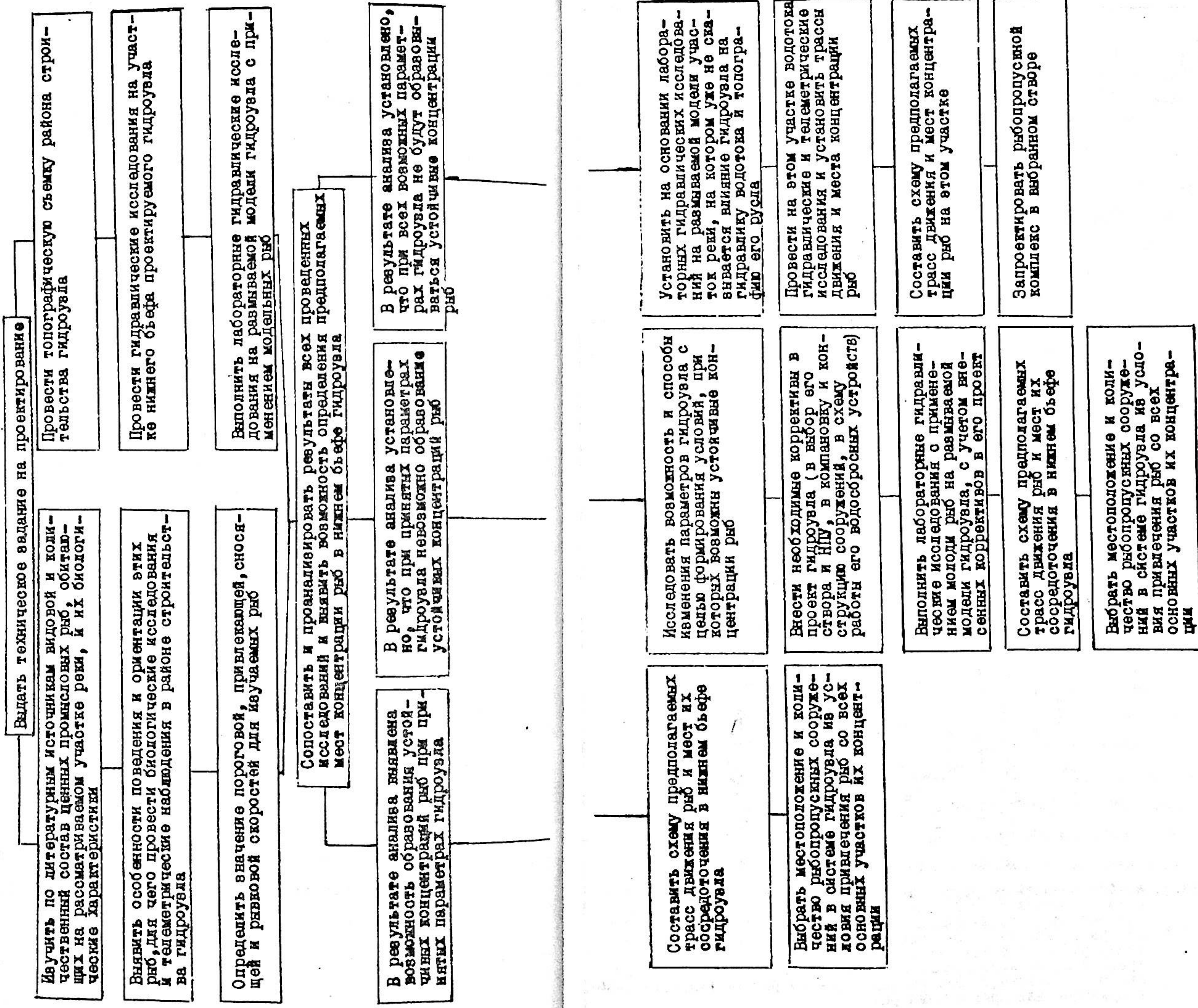
5) для увеличения эффективности привлечения рыб в рыбноаккумуляторы, помимо формирования необходимых гидравлических условий, целесообразно устройство зрительных и тактильных ориентиров и использование рыбнонаправляющих сооружений;

6) в качестве тактильных ориентиров рекомендуется применять рыбнонаправляющие канавки и тактильные дорожки; как направляющие устройства - гидравлические, механические и электрические заграждения; в диссертации предложены некоторые их конструкции.

По материалам исследований А.Г.Поддубного, Д.С.Павлова, наших и ряда зарубежных авторов составлены и рекомендуются для использования при проектировании таблицы и графики, позволяющие определить для некоторых видов рыб величины пороговой,

М Е Т О Д

выбора местоположения и количества рыбопропускных сооружений в системе гидроузла
(блок - схема)



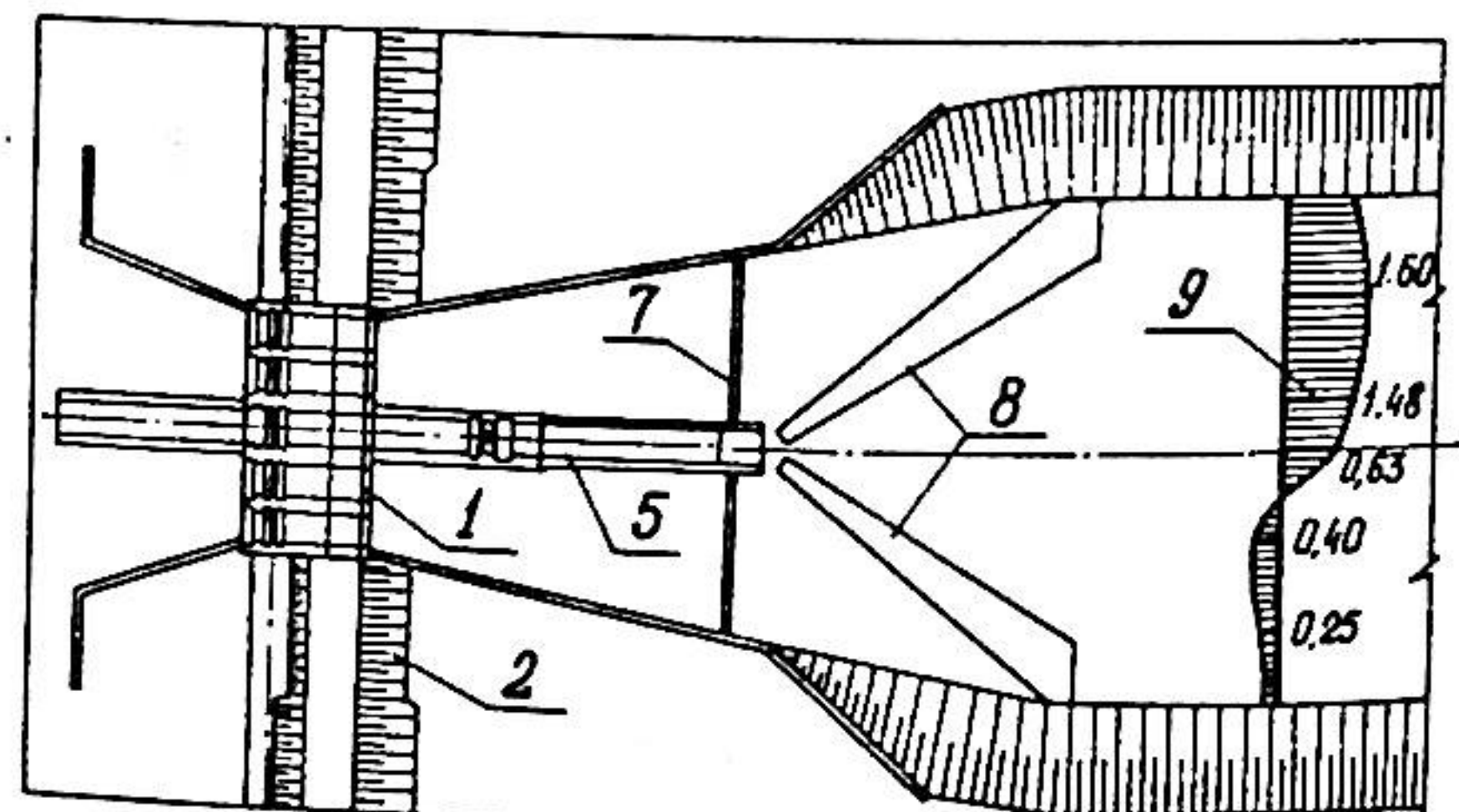
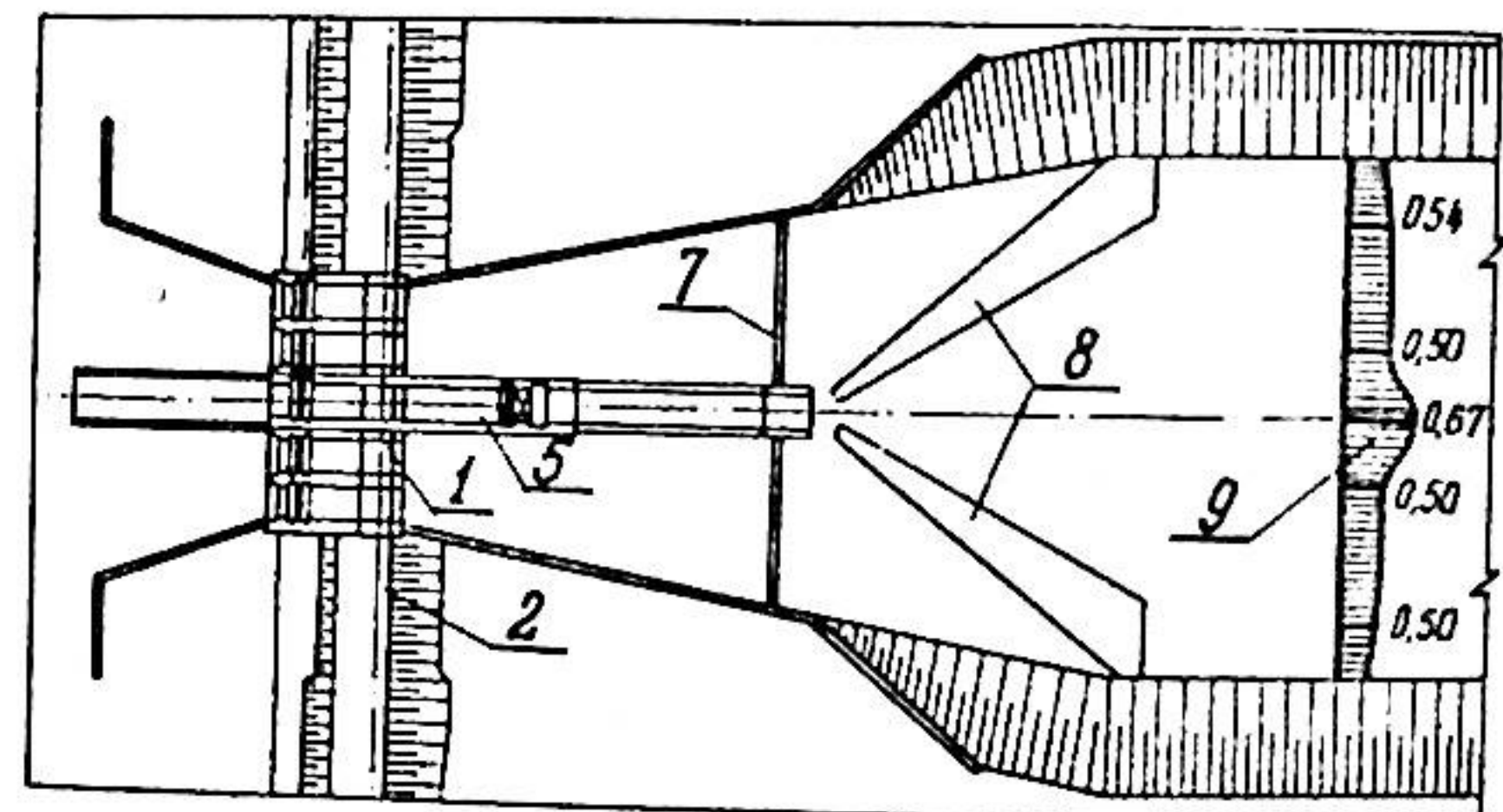
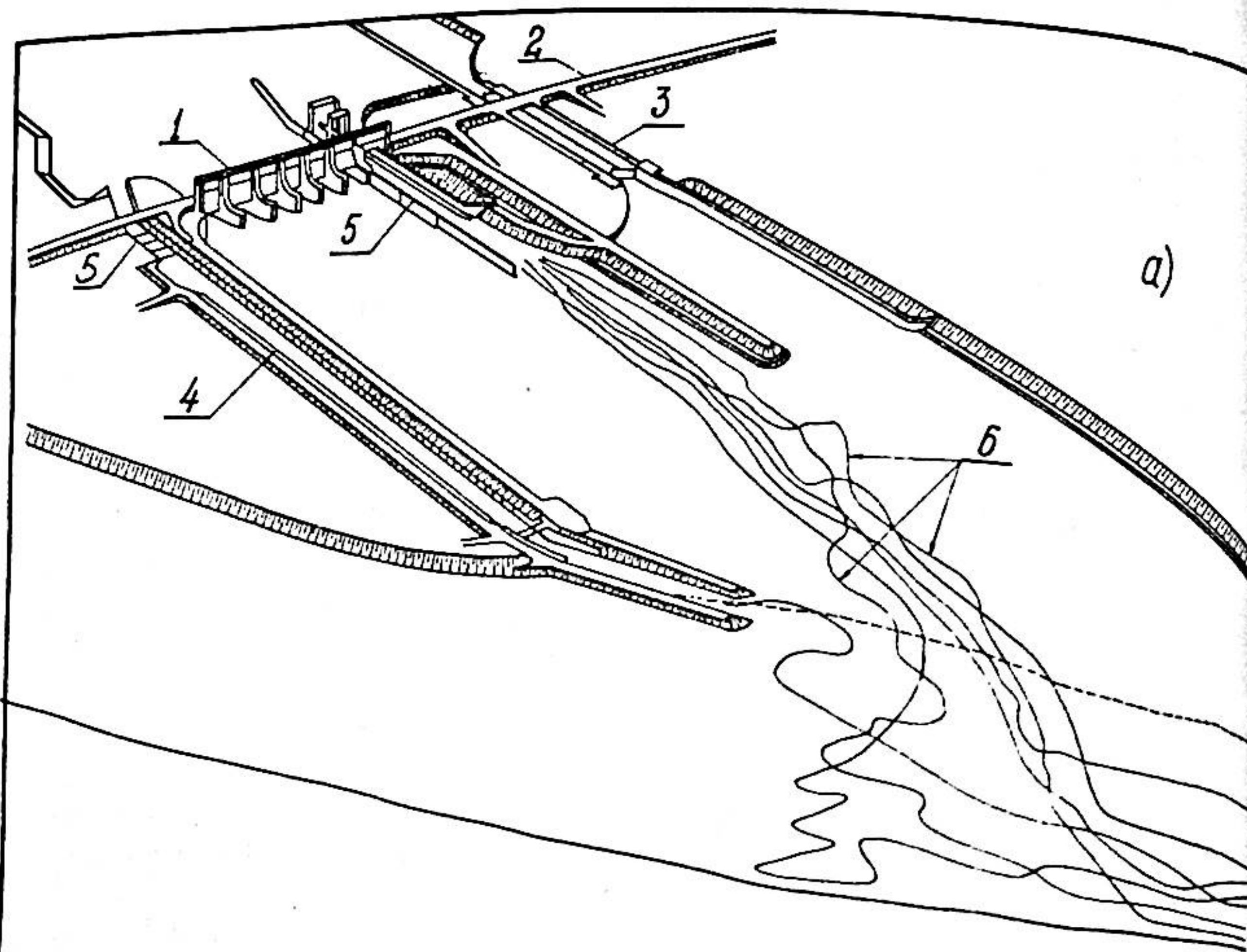


Рис. I. а) Федоровский гидроузел на р.Кубань. Панорама. б) Краснодарский гидроузел на р.Кубань. Гидравлика зоны поисков. 1-водосливная плотина; 2-земляная плотина; 3-судоходный шлюз; 4-рыбонакопитель; 5-рыбопропускное сооружение; 6-трассы движения рыб, помеченных ультразвуковыми метками; 7-электрорыбоуловитель; 8-рыбонаправляющие канавки; 9-характерные эшеры скоростей потока, характеризующие режимы работы гидроузла, благоприятные для привлечения рыб.

привлекающей, сносящей и рывковой скоростей потока, их собственные скорости и глубины движения в реке и другие необходимые параметры поведения и ориентации (рис.2).

Показано, как реагируют различные рыбы на изменение гидравлических условий и деформацию русла реки в зоне поисков. Эти данные необходимы для выбора режима работы водосбросных сооружений гидроузла, оптимального для привлечения рыб. По результатам проведенных наблюдений отмечено, что наиболее часто мигрирующие рыбы стремятся продвигаться вдоль границ транзитного потока.

С учетом данных о том, что свыше 90% рыб заходит в рыбонакопители в период их наибольшей сезонной и суточной двигательной (нерестовой) активности, рекомендуется эксплуатировать рыбопропускные сооружения только в это время.

В работе даны примеры применения предлагаемого метода при проектировании Краснодарского и Федоровского гидроузлов на р.Кубань (рис. I), Усть-Ижемской ГЭС на р.Печоре и Рижской ГЭС на р.Даугаве.

Для случаев, когда из-за сложных, постоянно изменяющихся гидравлических и русловых процессов в нижнем бьефе гидроузла строительством стационарных рыбопропускных сооружений не обеспечивается привлечение и пропуск к местам нереста нужного для воспроизводства количества производителей рыб или для этого необходимо возведение нескольких устройств, что экономически не оправдывается, либо технически не осуществимо, мы рекомендуем применять мобильные рыбопропускные сооружения. Их рыбонакопители выполняются передвижными и могут быть установлены у мест наибольших концентраций рыб на любом участке водотока.

В главе IV изложены основы применения и проектирования мо-

бильных (передвижных) рыбопропускных сооружений и описана конструкция ее опытного образца. Плавающая передвижная установка для привлечения рыбы и ее перевода из одного бьефа гидроузла в другой (рис.3) была предложена, разработана, исследована и защищена авторскими свидетельствами № 165125 и № 198997 (заявитель - Гидропроект, автор - Б.С.Малеванчик). В соответствии с Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 11 июня 1966 г. опытный образец плавающей установки, состоящий из двух специальных судов - передвижного рыбоаккумулятора и самоходного контейнера - построен в 1969 г. и в 1971-1972 гг. испытан на Усть-Маньчском и Кочетовском гидроузлах (бассейн р.Дон). В период испытаний в плавающую установку было привлечено свыше 70,0 тыс.шт. различных рыб.

Конструкция плавающей установки разработана из условия технологической схемы ее работы, которой предусмотрено:

- привлечение и накопление рыб вести в рыбоаккумуляторном лотке, образованном последовательно установленными контейнером и рыбоаккумулятором, торцы которых открыты для пропуска транзитом потока реки;

- создавать привлекающий поток путем подачи дополнительных расходов воды во внутрь лотка, для чего запроектирован блок питания;

- транспортировку рыб в верхний бьеф производить в лотке контейнера, открытом для проточной воды.

При разработке и испытаниях опытного образца плавающей установки были проведены лабораторные и натурные гидравлические, биологические, телеметрические и технологические исследования. Их содержание и результаты экспериментов представлены в главе У. Исследования позволили установить:

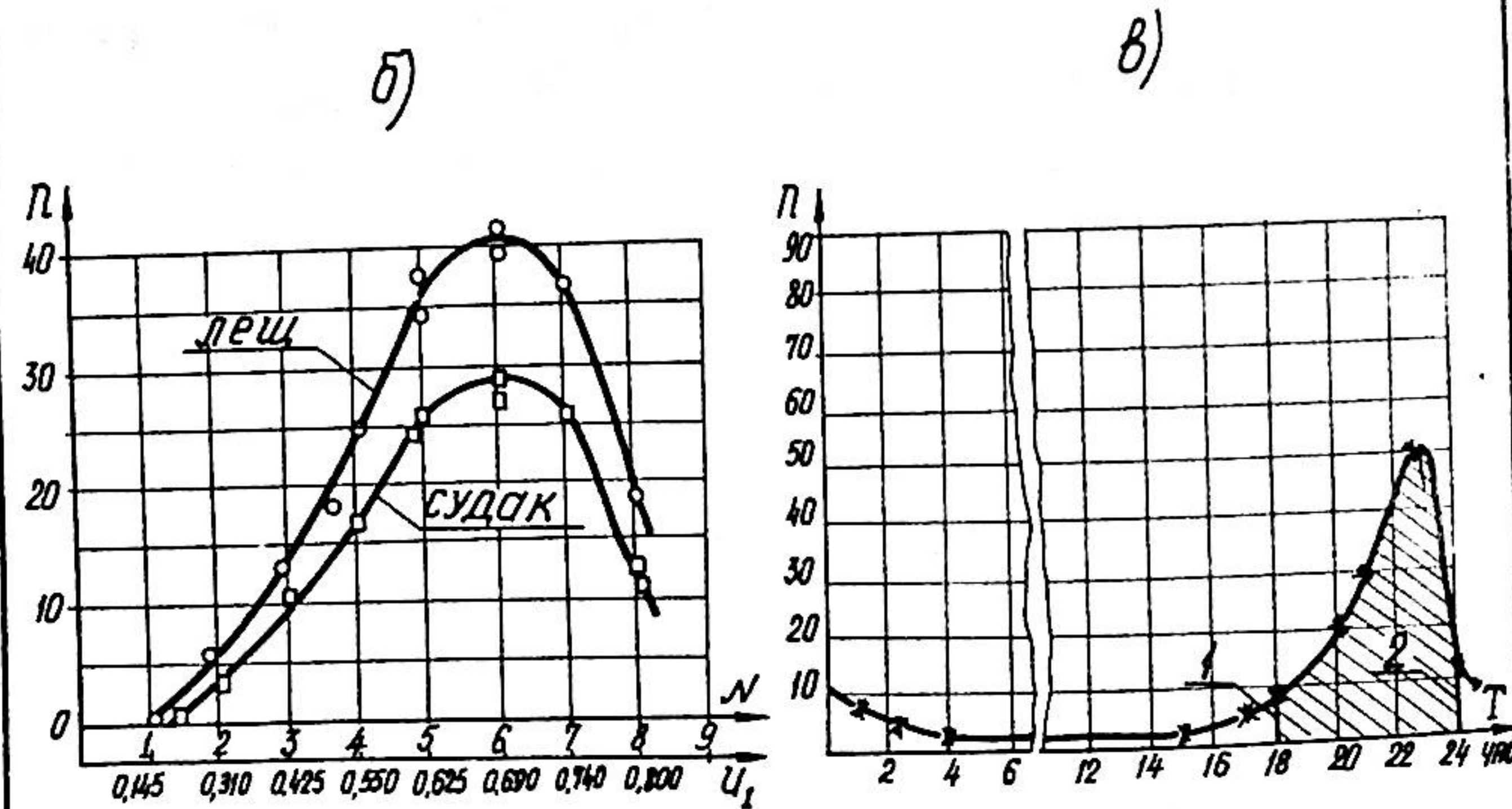
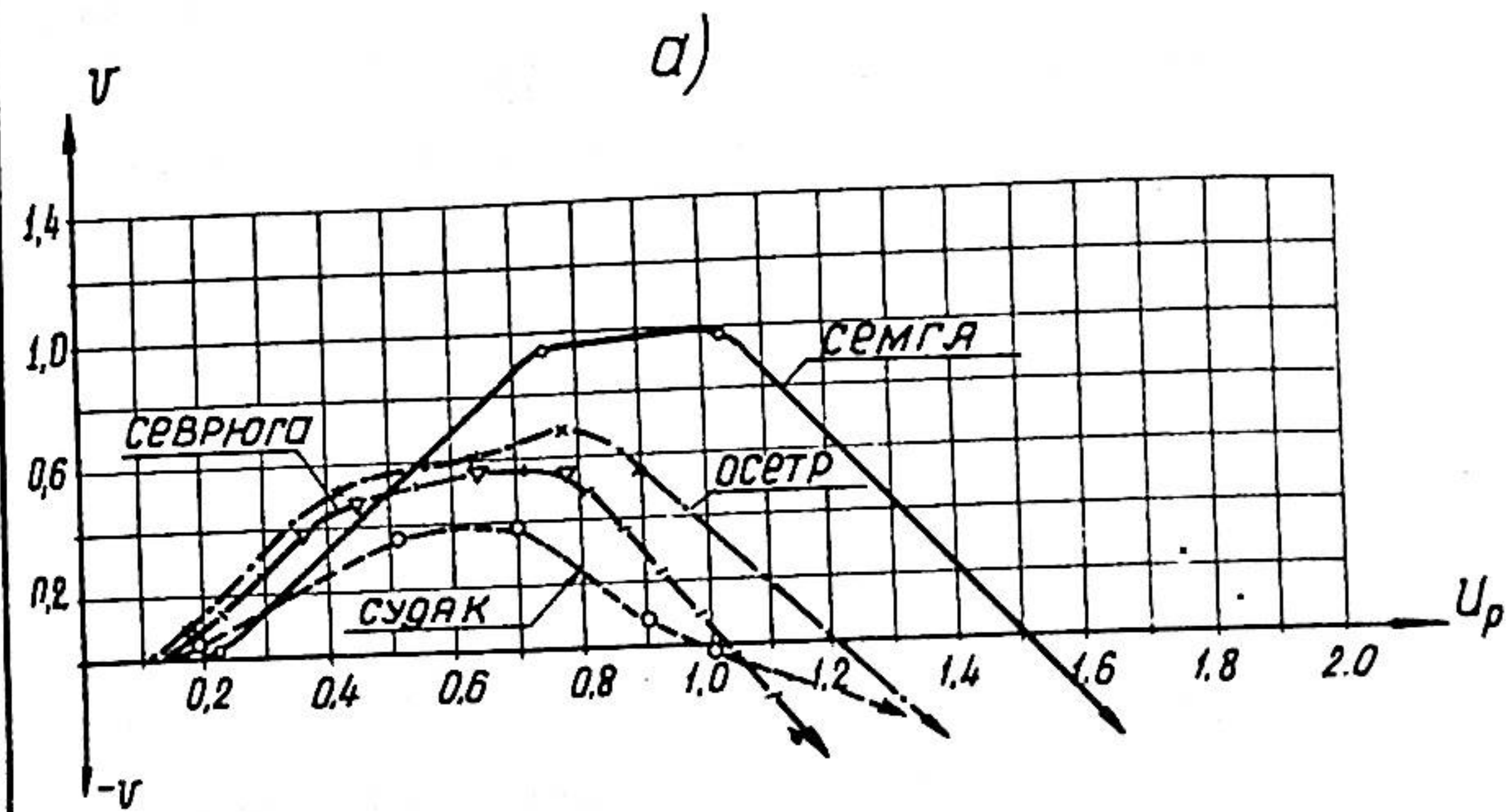


Рис.2. а) Влияние скоростей речного потока на движение в нем рыб; б) зависимость количества заходящей в рыбоаккумулятор рыбы от средней скорости на входе в него; в) график захода рыб в рыбоаккумулятор в течение суток и рекомендуемое время работы рыбопропускного сооружения; V - скорость движения рыб относительно берега; U_p - скорость речного потока; n - удельное привлечение рыб в шт.; U - скорость на входе в рыбоаккумулятор; T - время суток; 1 - рекомендуемое время начала и 2 - окончания работы рыбопропускного сооружения.

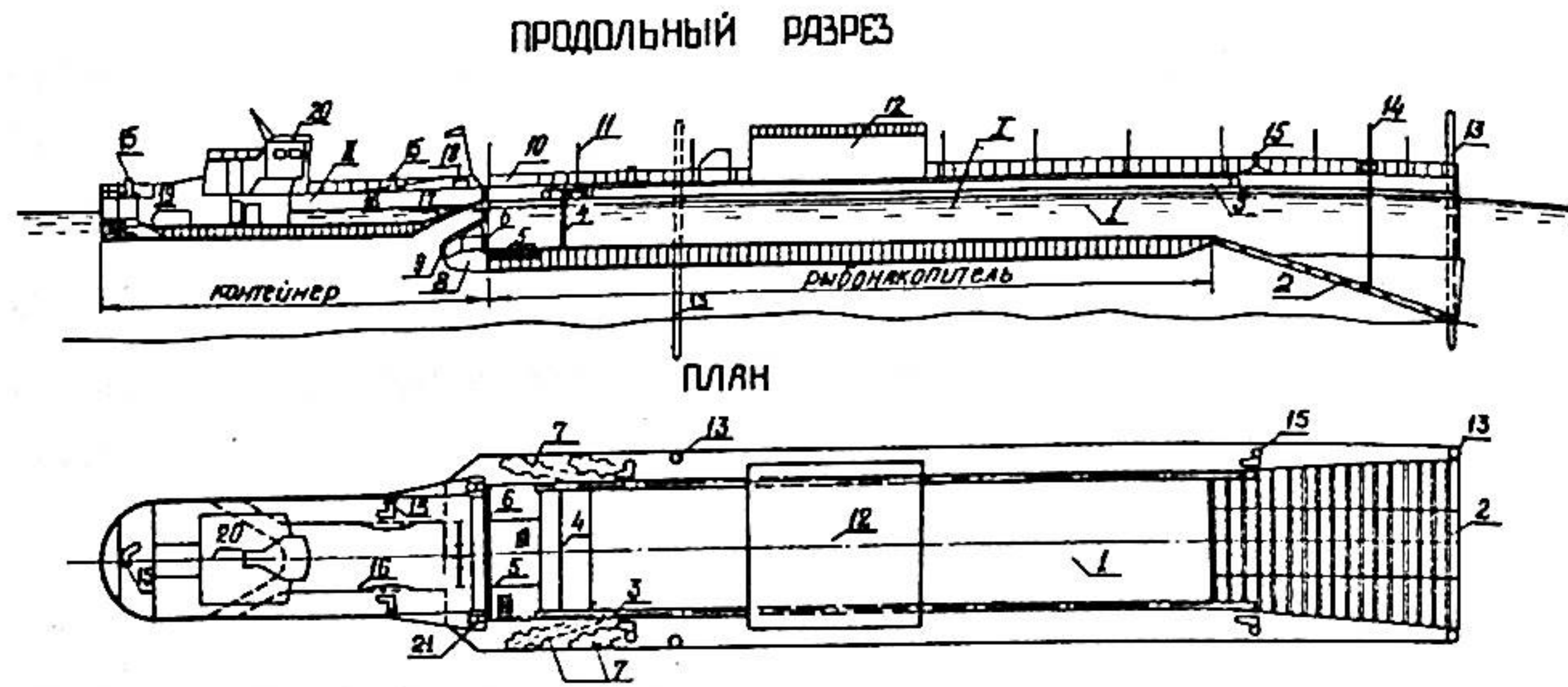


Рис.3. Плавающая установка для накопления и транспортировки рыбы. I - передвижной рыбоаккумулятор; II - самоходный контейнер; 1 - лоток рыбоаккумулятора; 2 - сопрягающее устройство; 3 - привод побудительного устройства; 4 - побудительное устройство; 5 - подъемная (ихтиологическая) площадка; 6 - сетчатый затвор; 7 - насосы блока питания (бортовые рыбоаккумулятора); 8 - насосы блока питания (торцевые рыбоаккумулятора); 9 - защитная решетка; 10 - привод ихтиологической площадки; 11 - светильники; 12 - пульт управления и лаборатория ихтиологов; 13 - свайные опоры рыбоаккумулятора; 14 - механизм подъема сопрягающего устройства; 15 - электрошпиль; 16 - лоток для транспортировки рыб; 17 - аппарат; 18 - механизм маневрирования аппарата; 19 - двигатель контейнера; 20 - пульт управления контейнера.

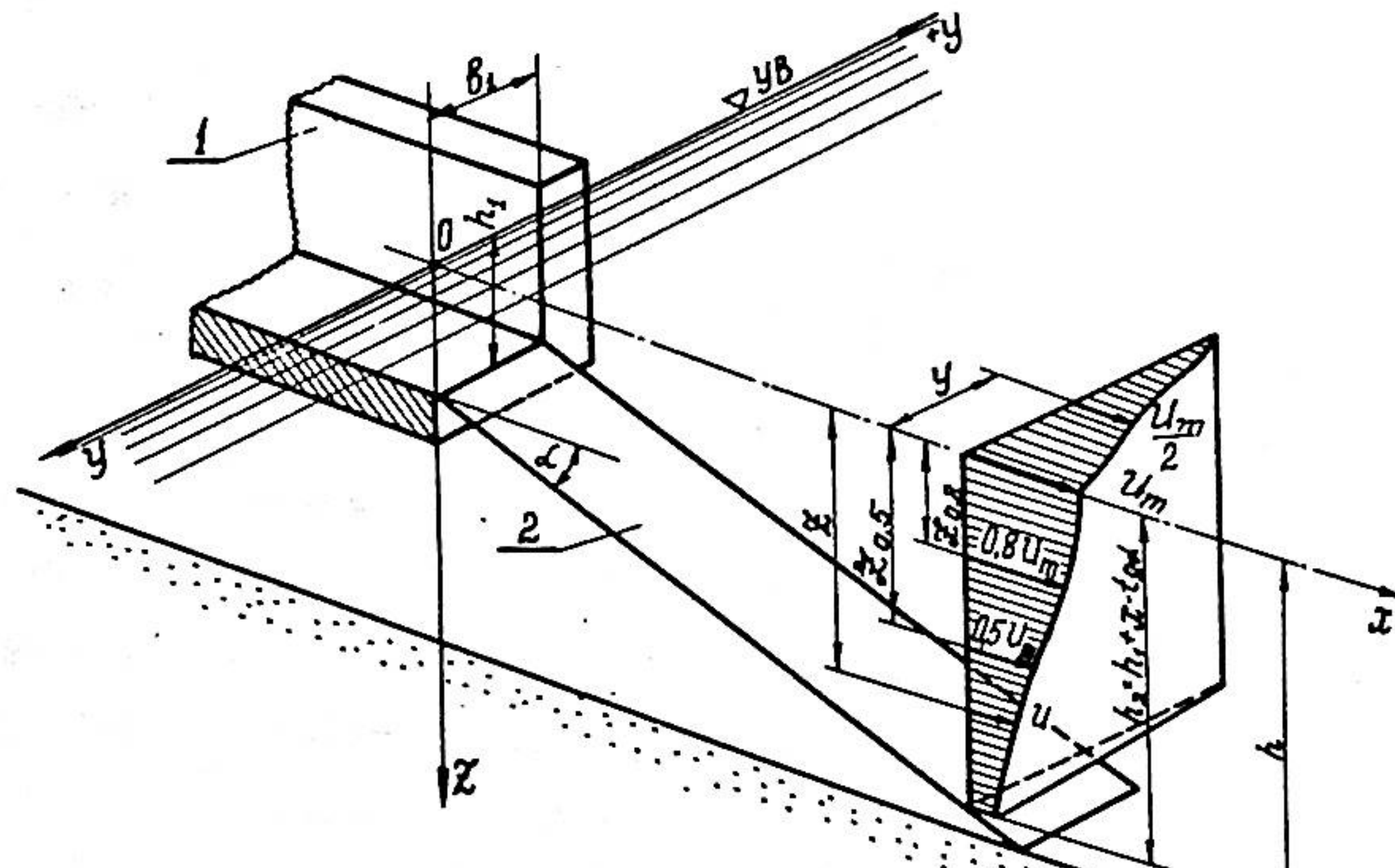


Рис.4. Расчетная схема гидравлического сопряжения рыбоаккумулятора с дном реки. 1 - рыбоаккумулятор; 2 - сопрягающее устройство.

а) оптимальную конструкцию проточной части рыбоаккумуляторного лотка из условия получения задаваемого режима привлечения рыб;

б) необходимую для опытного образца конструкцию блока питания в виде восьми горизонтальных погружных насосов, которые размещены в торце контейнера в транзитном потоке и в бортах рыбоаккумулятора;

в) закономерности захода рыб в рыбоаккумулятор в зависимости от сезонного и суточного ритма их двигательной активности (рис. 2в), параметров сопряжения шлейфа с потоком реки, количества работающих насосов блока питания и средней скорости на входе в рыбоаккумулятор (рис. 2б).

Свыше 95% всех рыб зашло в рыбоаккумулятор в период их наибольшей в течение суток двигательной (миграционной) активности. Это указывает на закономерный характер процесса привлечения рыб в плавающую установку и позволяет обосновать целесообразность работы рыбоаккумулятора только в этот период.

При испытаниях не было отмечено отрицательного (отпугивающего) влияния на привлечение рыб в рыбоаккумулятор шума и вибрации работающих насосов блока питания.

Определено, что эффективность работы плавающей установки зависит от параметров потока шлейфа и условий его соединения с течением реки, а для привлечения придонных рыб (осетра, севрюги, судака и др.) важнейшее значение имеет обеспечение надлежащего гидравлического и конструктивного сопряжения рыбоаккумулятора с дном реки. Оно осуществлено через посредство сопрягающего устройства. При этом с целью сохранения необходимых для привлечения рыб тактильного контакта и ориентации на поток необходимо обеспечить следующие условия:

1) увеличение глубины привлекающего потока из рыбонакопителя должно происходить без образования водоворота между струей и сопрягающим устройством;

2) течение в придонном слое должно отличаться от спутного речного потока на этой же глубине скоростью на величину, не менее пороговой для данного вида рыб.

С целью определения параметров сопряжения и оптимальной конструкции сопрягающего устройства, при которых обеспечивались бы изложенные выше условия, были проведены теоретические и лабораторные исследования.

При выходе из рыбонакопителя в пространство над сопрягающим устройством привлекающий поток расширяется в плане и увеличивается в глубину. Расширение потока в плане не ограничено, так как ширина русла реки значительно больше ширины плавучей установки. Увеличение глубины потока ограничено наклонной плоскостью сопрягающего устройства.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями движения струи занимались многие советские и иностранные ученые (Г.Н.Абрамович, И.М.Коновалов, Г.В.Щоскура, Тольмиен, Фертман, Трюпель и др.). Г.В.Востржелом рассмотрена плоская и осесимметричная задача распространения свободной струи, вытекающей из сопла в безграничное пространство. В работах М.А.Михалева изучены случаи внезапного или плавного увеличения глубины открытого потока при наличии уступа или откоса, когда движение жидкости связано с образованием водоворотных зон. В нашу задачу также входило изучение потока при плавном увеличении его глубины, но при условии отсутствия водоворота между струей и сопрягающим устройством. Соответствующая расчетная схема представлена на рис. 4.

При рассмотрении механизма распространения струи исходим из принятого и доказанного Г.В.Востржелом положения о том, что скорости в сечении, перпендикулярном направлению движения потока, распределяются по кривой вероятностей. За ординату этой кривой мы приняли безразмерную скорость $\frac{U}{U_m}$, за абсциссу - безразмерную глубину $\frac{z}{z_n}$, где U - искомая скорость на глубине z , U_m - осевая поверхностная скорость и z_n - глубина до той точки, где скорость равна какой-либо определенной части U_m .

В этом случае можно записать следующую зависимость:

$$\frac{U}{U_m} = A \cdot e^{-B\left(\frac{z}{z_n}\right)^n} \quad (2)$$

После подстановки граничных условий получим:

$$\frac{U}{U_m} = e^{-\ln C \left(\frac{z}{z_n}\right)^n} \quad (2')$$

где $C = \frac{U_m}{U_n}$ - отношение величины поверхностной осевой скорости к любой, принимаемой для расчета скорости с координатой z_n .

Так как зависимость (2') действительна по всей глубине струи, то можно записать

$$e^{-\ln C_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^n} = e^{-\ln C_2 \left(\frac{z}{z_2}\right)^n};$$

откуда после логарифмирования и соответствующих преобразований получаем

$$n = \frac{\log\left(\frac{\ln C_2}{\ln C_1}\right)}{\log\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}; \quad (3)$$

По условиям эксперимента и математической обработки опытов наиболее удобным оказалось принять $C_1 = 0,8$ и $C_2 = 0,5$. Подставив эти значения в (2'), будем иметь

$$\frac{U}{U_m} = e^{-\ln 1,25 \left(\frac{z}{z_{0,8}}\right)^n} \quad (4) \quad \text{и} \quad \frac{U}{U_m} = e^{-\ln 2 \left(\frac{z}{z_{0,5}}\right)^n} \quad (4')$$



Для нахождения закономерности распределения скорости потока над сопрягающим устройством было необходимо изучить, как изменяются координаты точек, в которых относительные скорости $C_1 = 0,8$ и $C_2 = 0,5$, при различных углах сопряжения α , а также определить изменение поверхностной скорости U_m вдоль струи.

Из условия постоянства количества движения вдоль струи

$$\int_0^z U^2 dz = U_1^2 h_1 = \text{const}$$

или в относительных координатах при $z = h_2$

$$\int_0^{z/h_2} \left(\frac{U}{U_m}\right)^2 d\left(\frac{z}{h_2}\right) = \left(\frac{U_1}{U_m}\right)^2 \frac{h_1}{h_2}.$$

Заменив $\frac{U}{U_m}$ на его значение из (2), принимая $h_2 = h_1 + x \operatorname{tg} \alpha$

и обозначив $\int_0^{z/h_2} e^{-\ln C \left(\frac{z}{h_2}\right)} d\left(\frac{z}{h_2}\right) = J_z$, получим

$$\frac{U_m}{U_1} = \sqrt{J_z \left(1 + \frac{x \operatorname{tg} \alpha}{h_1}\right)}, \text{ откуда следует, что } \frac{U_m}{U_1} = f\left(\frac{x}{h_1} \text{ и } \alpha\right);$$

где U_1 - скорость на входе в рыбоаккумулятор, x - расстояние до сечения струи, в котором определяется скорость.

Чтобы установить численные зависимости изменения координат $Z_{0,8}$ и $Z_{0,5}$ и осевой поверхностной скорости U_m были выполнены исследования. Они проведены в гидравлической лаборатории НИМИ. В стеклянном лотке длиной 8 м и шириной 30 см был смонтирован фрагмент рыбоаккумулятора в М 1:50 с плоским водонепроницаемым сопрягающим устройством. Замер скоростей производился по оси модели, в створах через каждые 10 см, и по глубине - в 5-8 точках.

Исследования велись при различных значениях глубин в лотке (реке) h , в рыбоаккумуляторе h_1 , разных скоростях на входе в

рыбоаккумулятор U_1 , для четырех, наиболее часто встречающихся на практике, углов сопряжения $\alpha = 8^\circ, 12^\circ, 16^\circ$ и 20° .

По результатам эксперимента получены графические зависимости $\frac{U}{U_m} = f\left(\frac{x}{h_2} \text{ и } \alpha\right)$ и $\frac{U_m}{U_1} = f\left(\frac{x}{h_1} \text{ и } \alpha\right)$.

Как следует из зависимости (3), для определения показателя степени в уравнении (4) необходимо определить значение координат Z для двух различных значений $C = \frac{U_m}{U_1}$. С этой целью результаты эксперимента были обработаны в двух координатных сетках. Получены графические зависимости: $\frac{I}{K_{0,8}} = f(\alpha)$ и $\frac{I}{K_{0,5}} = f(\alpha)$ (рис.5), по значениям которых с учетом зависимости (3) построена кривая $x = f(\alpha)$.

Обработкой результатов опытов с применением ЭМ "Минск 22" установлено, что наилучшую аппроксимацию полученных универсальных профилей скоростей можно получить при вычислении входящих в формулы (3) и (4) параметров $Z_{0,5}$ и $Z_{0,8}$ по следующим зависимостям:

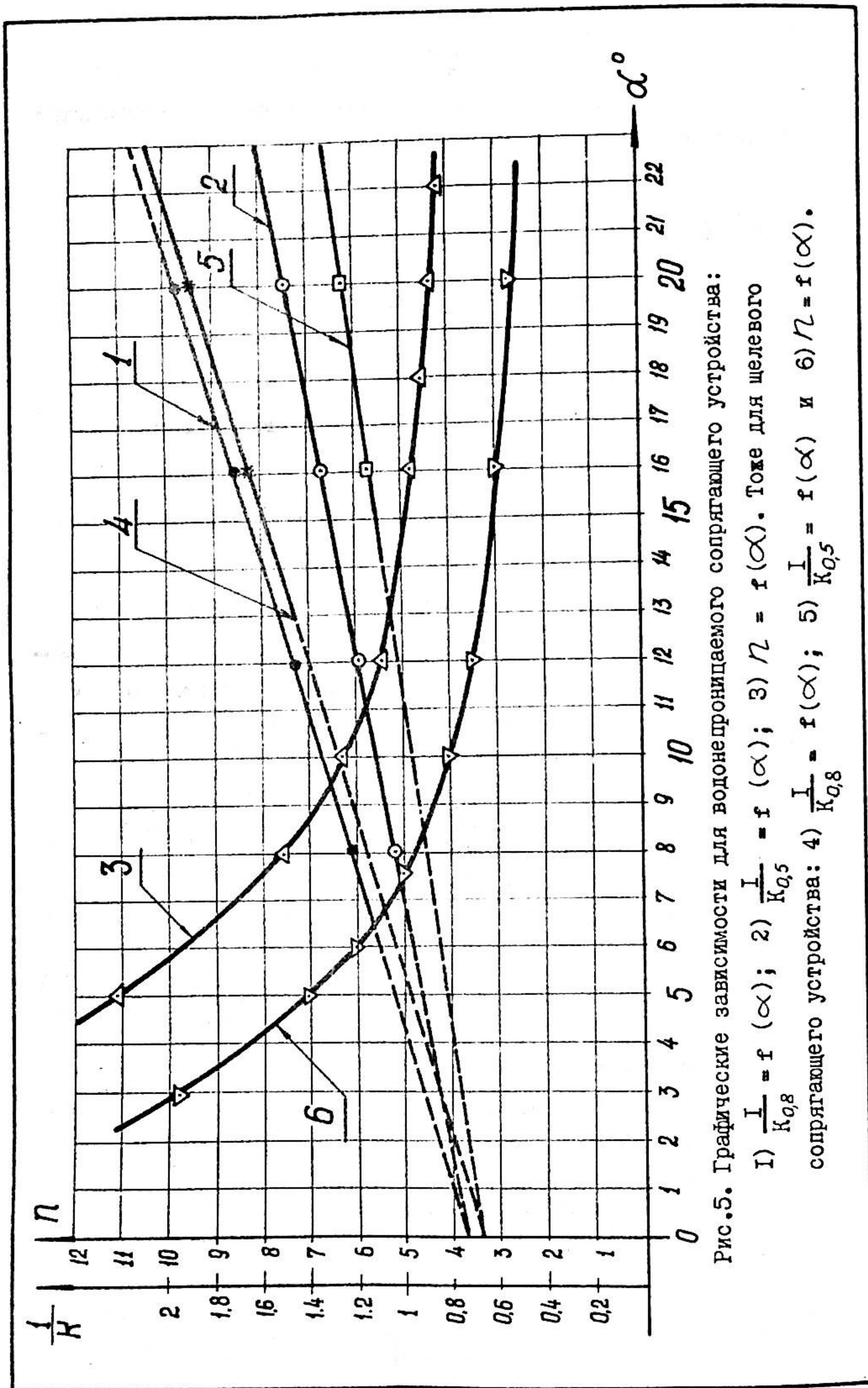
$$\frac{h_2}{Z_{0,8}} = \frac{I}{K_{0,8}} = 0,0624 \alpha + 0,73 \quad (5)$$

$$\frac{h_2}{Z_{0,5}} = \frac{I}{K_{0,5}} = 0,0430 \alpha + 0,67 \quad (5')$$

где α - угол сопряжения в градусах, $K_{0,8} = \frac{Z_{0,8}}{h_2}$ и $K_{0,5} = \frac{Z_{0,5}}{h_2}$ относительные координаты точек, в которых относительные скорости $\frac{U}{U_m}$ соответственно равны 0,8 и 0,5.

Для определения поверхностной осевой скорости нами, на основании обработки опытных данных, рекомендуется зависимость:

$$\frac{U_m}{U_1} = a \frac{x}{h_1} + b \quad (6)$$



где значения коэффициентов a и b при различных углах сопряжения меняются следующим образом:

$$a = -0,0015\alpha - 0,018; \quad b = 0,005\alpha + 0,88 \quad (6')$$

На рис.6 даны безразмерные эпюры скоростей для углов сопряжения $\alpha = 8^\circ, 12^\circ, 16^\circ$ и 20° при применении водонепроницаемой конструкции сопрягающего устройства, построенные нами по зависимости (4), в которой значение входящих в нее параметров определено по формулам (3), (5) и (5').

Анализ экспериментальных данных и графических зависимостей на рис.6 показал, что распределение скоростей в исследованных случаях подчиняется универсальному закону, не зависит от скорости на входе в рыбонакопитель, а величина придонной скорости при прочих равных параметрах уменьшается с увеличением угла сопряжения.

Полученные графические и аналитические зависимости удобны для применения, позволяют быстро и с достаточной для практики точностью вычислить скорость потока на любой глубине по оси сопрягающего устройства.

Расчетные данные вполне удовлетворительно сходятся с опытными и с результатами натурных исследований на Усть-Маньчском гидроузле.

Были определены граничные условия применения водонепроницаемого сопрягающего устройства. Установлено, что необходимые условия привлечения придонных рыб в этом случае сохраняются при глубинах в реке до 4,0 м и скоростях речного потока у дна до 0,30 м/сек, что во многих случаях практики недостаточно.

Для больших глубин и скоростей предложена, разработана и исследована новая конструкция сопрягающего устройства со щелями и открылками. При его применении для получения необходимого гидравлического сопряжения используется энергия потока, прохо-

дящего под дном рыбоаккумулятора.

Щелевое сопрягающее устройство выполняется в виде жесткого каркаса с прикрепленными к нему рядами продольных пластин, между которыми образованы щели.

Лабораторные исследования щелевого сопрягающего устройства проведены при тех же исходных параметрах и условиях, что и водонепроницаемого, для двух углов сопряжения $\alpha = 16^\circ$ и 20° .

Построенные по результатам опытов графические зависимости

$\frac{U}{U_m} = f\left(\frac{z}{h_2} \text{ и } \alpha\right)$ для щелевого сопрягающего устройства показали, что распределение скоростей в этом случае также подчиняется универсальному закону. Соответствующей обработкой данных эксперимента получены зависимости для определения входящих в формулы (3) и (4) параметров

$$\frac{h_2}{z_{0,8}} = \frac{I}{K_{0,8}} = 0,0585 \alpha + 0,73 \quad (7)$$

$$\frac{h_2}{z_{0,5}} = \frac{I}{K_{0,5}} = 0,0300 \alpha + 0,67 \quad (7')$$

На рис.6 представлены безразмерные эпюры скоростей для щелевого сопрягающего устройства при $\alpha = 16^\circ$ и 20° , для которых значения скоростей вычислены по зависимости (4). Они удовлетворительно сходятся с опытными данными.

Анализ зависимостей (3), (4), (5), (5'), (6) и (6') и безразмерных эпюр скоростей показал, что для одного и того же угла сопряжения α величина безразмерной скорости $\frac{U}{U_m}$ в придонной части над щелевым сопрягающим устройством с открылками существенно больше, чем на тех же глубинах над водонепроницаемым сопрягающим устройством.

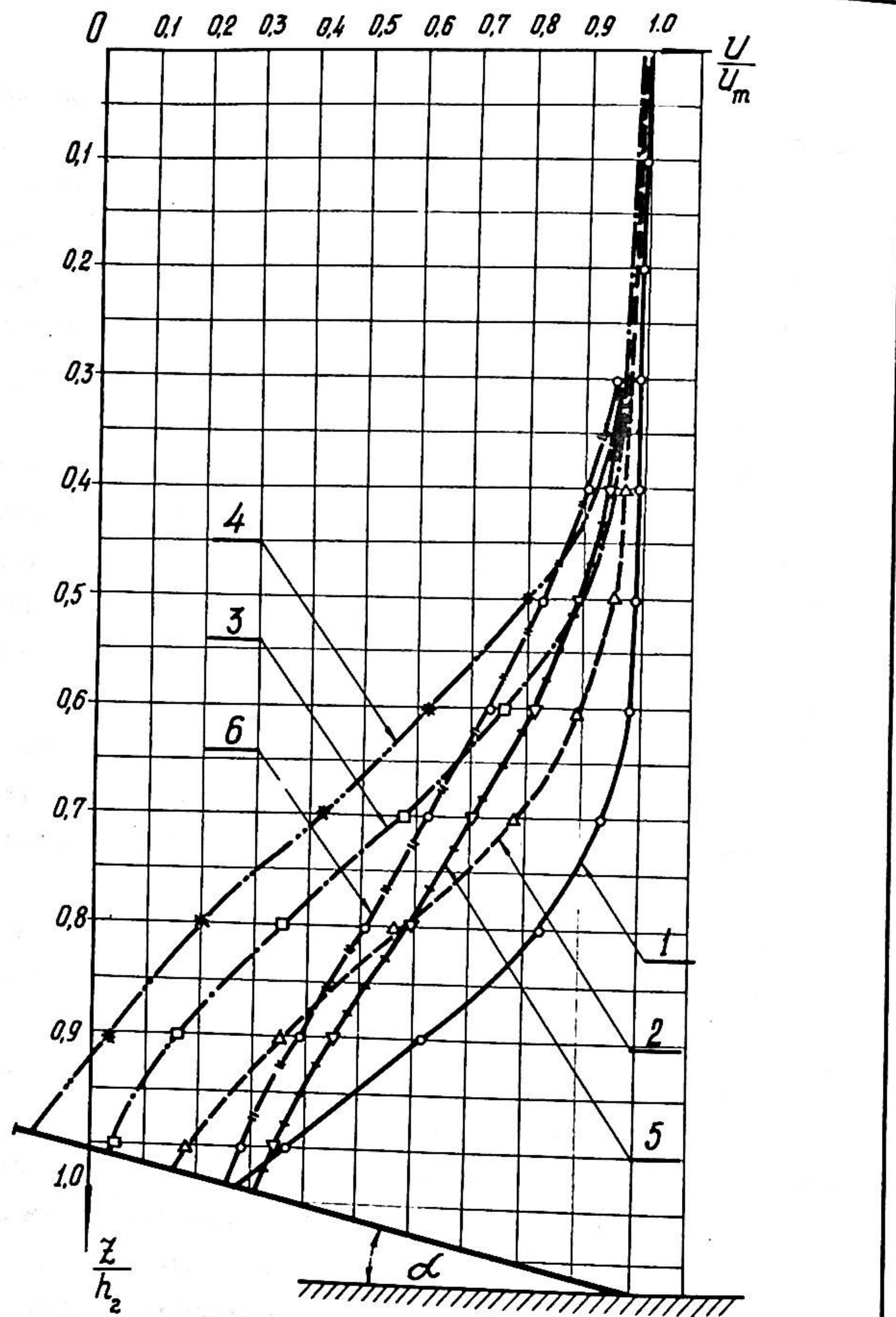


Рис.6. Безразмерные эпюры скоростей потока над сопрягающим устройством при применении его различных конструкций: 1-водонепроницаемого при $\alpha = 8^\circ$; 2-тоже при $\alpha = 12^\circ$; 3-тоже при $\alpha = 16^\circ$; 4-тоже при $\alpha = 20^\circ$; 5-щелевого с открылками при $\alpha = 16^\circ$; 6-тоже при $\alpha = 20^\circ$.

Из рисунка 7 видно, что использование щелевого сопрягающего устройства позволяет создавать благоприятные гидравлические условия для привлечения рыб практически для всех наиболее часто встречающихся на практике случаев. Это и является основным преимуществом щелевой конструкции по сравнению с водонепроницаемой.

Для проверки эффективности использования предложенной конструкции проведены исследования по привлечению в рыбонакопитель модельной рыбы (молоди рыба) ^{х)}. В бетонном лотке была установлена пространственная модель плавучей установки в М 1:50 с щелевым сопрягающим устройством при $\alpha = 20^\circ$.

Несмотря на малое число проведенных пока опытов, можно считать, что условия привлечения в исследованном случае вполне удовлетворительны, т.к. большая часть модельных рыб была привлечена в рыбонакопитель.

С учетом изложенного, мы рекомендуем при строительстве плавучих установок применять щелевые сопрягающие устройства с открылками, что и реализуется при реконструкции опытного образца и строительстве передвижного рыбонакопителя Рижской ГЭС.

В последней VI главе на основании проведенных исследований и испытаний на гидроузлах даны рекомендации по усовершенствованию плавучей установки, принятые в настоящее время при ее проектировании и строительстве.

Плавучие установки, при сохранении той же технологической схемы привлечения рыб, которая апробирована на стационарных рыбопропускных сооружениях, имеют существенные строительные и эксплуатационные преимущества перед ними, главные из которых следующие:

х) Методика таких исследований разрабатывается на кафедре гидротехнических сооружений НИИИ.

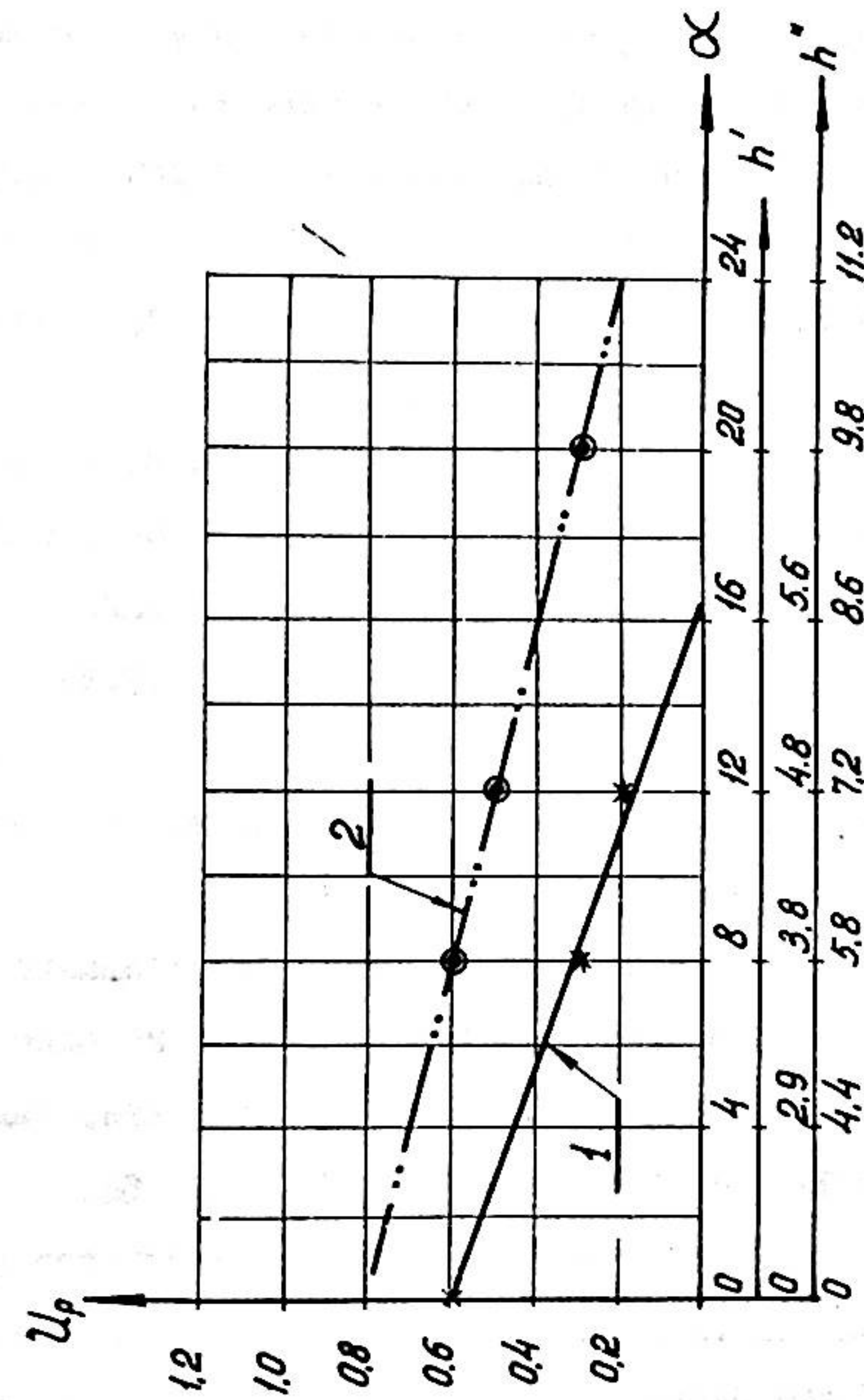


Рис. 7. Графическая зависимость между скоростью речного потока U_p , при которой еще остается благоприятные условия привлечения рыб и углом наклона сопрягающего устройства α . 1 - для водонепроницаемого сопрягающего устройства; 2 - для щелевого сопрягающего устройства с открылками. h - расчетная глубина в реке, соответствующая углу сопряжения α для опытного образца плавучей установки с $h_1 = 2$ м. h_1 - тоже для усовершенствованной плавучей установки с $h_1 = 3$ м.

1. Подвижные рыбонакопители могут быть установлены у мест наибольшей концентрации рыб, на участках, наиболее благоприятных для их накопления, что увеличивает эффективность привлечения мигрантов.

2. При транспортировке рыб в контейнерах предотвращается их скат в нижний бьеф через водосбросные сооружения.

3. Плавающие установки не входят в напорный фронт гидроузла, не располагаются в створе его сооружений и не стесняют их.

4. Их возведение осуществляется на судостроительных заводах, что позволяет сократить сроки строительства гидроузла за счет уменьшения объемов работ, выполняемых на стройплощадке.

5. При использовании плавающих установок на действующем гидроузле отпадает необходимость в возведении перемычек, организации стройплощадки и т.д.

6. В наибольшей степени преимущества плавающих установок сказываются при наличии каскада гидроузлов на реке, когда возможно накопление рыб весте на нижнем гидроузле каскада и затем транспортировать их в водохранилище верхнего гидроузла.

7. Стоимость изготовления плавающих установок значительно меньшая, а эксплуатационные затраты не превышают таковых для стационарных рыбопропускных сооружений.

Рекомендации по использованию и конструированию плавающих установок для накопления рыбы и ее перевода из одного бьефа гидроузла в другой даны в "Указаниях по проектированию рыбопропускных и рыбозащитных сооружений" СН 349-66.

В настоящее время осуществляется строительство двух усовершенствованных конструкций плавающих установок, а в течение ближайших 10-15 лет будет необходимо построить еще около 10 таких сооружений.

В диссертации показано, что использование разработанного метода выбора местоположения и количества рыбопропускных сооружений и применение плавающих установок на Кочетовском, Усть-Маньчском, Рижском, Краснодарском, Федоровском и Усть-Ижемском гидроузлах дает экономический эффект в сумме свыше 30 млн. рублей.

Выводы по работе:

1. Разработанные при выполнении настоящей диссертации основные положения проектирования рыбопропускных комплексов положены в основу действующих "Указаний по проектированию рыбопропускных и рыбозащитных сооружений" СН 349-66.

2. Составленные терминология и современная классификация рыбопропускных комплексов позволяют более точно и единообразно излагать существо рассматриваемой проблемы.

3. Разработанный нами и включенный во вторую редакцию "Указаний" метод позволяет выбрать оптимальное местоположение и необходимое количество рыбопропускных сооружений с учетом особенностей поведения и ориентации рыб и осуществления мероприятий по формированию наиболее благоприятных условий их привлечения в рыбонакопители. Приведенные примеры применения метода при проектировании ряда гидроузлов подтверждают его эффективность.

4. Материалы II и III глав реферируемой работы рекомендуется использовать при проектировании рыбопропускных комплексов для определения параметров движения и ориентации рыб и при подборе оптимальных условий их привлечения из зоны поисков.

5. Для случаев, когда строительством стационарных рыбопропускных сооружений не обеспечивается привлечение и пропуск к местам нереста нужного для воспроизводства количества произ-

водителей рыб или для этого необходимо возведение нескольких рыбопропускных устройств, что экономически не оправдывается или технически не осуществимо, рекомендованы мобильные рыбопропускные сооружения, подвижные рыбоаккумуляторы которых устанавливаются у мест наибольших концентраций рыб в нижнем бьефе гидроузла.

6. Предложенная нами конструкция такого мобильного сооружения - плавучая установка для накопления и транспортировки рыбы - построена и испытана на гидроузлах. В работе показаны эксплуатационные преимущества и экономическая эффективность применения таких конструкций по сравнению со стационарными рыбопропускными сооружениями, и дана перспектива их строительства.

7. Исследованиями установлено, что эффективность привлечения рыб в плавучую установку зависит от средней скорости потока на входе в рыбоаккумулятор, от параметров и характера соединения шлейфа с течением реки и других, отмеченных в работе, факторов, а также определено, что для привлечения придонных рыб (осетра, севрюги и др.) важнейшее значение имеет конструктивное и гидравлическое сопряжение рыбоаккумулятора с дном реки.

8. Полученные в результате теоретических и лабораторных исследований гидравлического сопряжения зависимости позволяют определить скорость привлекающего потока по оси сопрягающего устройства на любой глубине при различных углах сопряжения и, таким образом, активно формировать необходимые условия привлечения рыб в рыбоаккумулятор.

9. Установлено, что при применении предложенного и исследованного нового, целевого сопрягающего устройства с открылками привлечение придонных рыб можно осуществлять при глубинах до 7,0 м и скоростях речного потока у дна до 0,6 м, т.е. прак-

тически в большинстве встречающихся случаев эксплуатации плавучей установки.

10. Проведенные аналитические, лабораторные и натурные исследования опытного образца позволили дать рекомендации по проектированию более совершенной конструкции плавучей установки для строящейся Рижской ГЭС и других гидроузлов.

II. Разработанный подход к исследованиям и проектированию устройств для пропуска мигрирующих рыб, предложенные инженерные решения и методика расчета привлекающих скоростей могут быть основой для дальнейших исследований и разработок рыбопропускных комплексов.

Основное содержание работы докладывалось на координационных совещаниях в г.Москве (Гидропроект 1968 и 1969 гг.), в п.Борок (Институт биологии внутренних вод АН СССР 1970, 1971 и 1972 гг.), на симпозиумах по рассматриваемой проблеме в АН СССР (1966 и 1972 гг.), на научно-технических конференциях в НИИИ в 1972 и 1973 гг. и опубликовано в следующих изданиях:

1. "Дорога сквозь плотину", изд. Знание, М., 1965 г.
2. "Плавучая установка для накопления и транспортировки рыбы". Журн. Рыбное хозяйство № 2, 1966 г.
3. Вопросы проектирования рыбопропускных сооружений гидроузлов. Журн. "Гидротехническое строительство", 1966 г., № 8.
4. Вопросы проектирования рыбопропускных сооружений на гидроузлах. Сборник "Поведение рыб в зоне гидротехнических сооружений" Наука, М., 1967.
5. Указания по проектированию рыбопропускных и рыбозащитных сооружений СН 349-66. Стройиздат 1967 г.
6. О работе гидравлического рыбоподъемника Волгоградского гидроузла (в соавторстве). Журн. Гидротехническое строительство, 1969, № 2.

7. Плавучая установка для накопления и перемещения рыбы из одного бьефа гидроузла в другой. Журн. "Гидротехническое строительство", 1969 г., № 8.

8. Технический отчет (сводный) по заданию 0.01.263 "Разработка эффективных конструкций рыбопропускных сооружений речных гидроузлов" (в соавторстве). М., 1970 г. Номер государственной регистрации 68058610.

9. Проект второй редакции "Указаний по проектированию рыбопропускных сооружений" (в соавторстве) Гидропроект, М., 1970 г.

10. "Проектирование рыбопропускных сооружений с учетом поведения рыб" (в соавторстве). Журн. "Рыбное хозяйство", № 7, 1971 г.

11. "О координации исследований по разработке рыбопропускных комплексов гидроузлов" (в соавторстве). АН СССР, институт биологии внутренних вод. Информационный бюллетень № 15, 1972 г.

12. "Рыбохозяйственные комплексы" (в соавторстве). Журн. "Рыбное хозяйство", № 4, 1972 г.

13. "О проектировании рыбопропускных сооружений гидроузлов". Журн. Гидротехническое строительство № 2, 1972 г.

14. "Гидротехнические сооружения комплексных гидроузлов". Монография под ред. докт. техн. наук П.С.Непорожного. Глава XI "Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения". Изд. Энергия, М., 1973 г.

15. "Некоторые вопросы научных основ проектирования рыбопропускных сооружений". Труды НИМИ, 1973 г.

16. "Авторское свидетельство № 165125 "Установка для перемещения рыбы из одного бьефа гидроузла в другой". Государственный комитет Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий. Регистрация 22 июля 1964 г.

17. "Авторское свидетельство № 198997 "Установка для перемещения рыбы из одного бьефа гидроузла в другой". Государственный Комитет Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий. Регистрация 14 апреля 1967 г.

18. "Авторское свидетельство № 283903 "Рыбоподъемник" Государственный Комитет Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий. Регистрация 23 июля 1970 г.