

Раздел пятый
**СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ
ЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

5.2. Рыбозащитные технологии и сооружения в энергетике

5.2.2. Выбор универсальной конструкции РЗУ для различных водозаборов

Иванов А.В., институт Гидропроект

Критерии выбора универсальной конструкции РЗУ

Метод выбора оптимальной конструкции РЗУ широко используется при проектировании рыбозащиты для водозаборов различного назначения и производительности. Однако разработка РЗУ, уникального для каждого водозабора, не всегда может быть целесообразной. Объясняется это прежде всего тем, что при использовании во время выбора оптимальных типов отдельных функциональных элементов и всей конструкции в целом неизбежно приходится «распыляться», разрабатывая на каждом объекте разные устройства. В то же время часто имеет смысл сосредоточить силы и средства на разработке, исследованиях и апробировании только одной-двух конструкций РЗУ, применение которых возможно на водозаборах различного назначения. В связи с этим наряду с созданием уникальных конструкций весьма целесообразным является анализ известных в современной рыбозащите типов функциональных элементов в целях выбора из каждого типа наиболее универсального элемента для разработки из них в дальнейшем универсальной конструкции РЗУ. Основными критериями универсальности выбираемых функциональных элементов и собственно универсального РЗУ должны стать:

- их абсолютная применимость в любых условиях, независимо от ситуации, складывающейся на конкретном водозаборе;
- наилучшая совместимость отдельных функциональных элементов в пределах комбинируемого универсального РЗУ;
- полное соответствие требованиям, предъявляемым как к отдельным функциональным элементам, так и к собственно универсальному РЗУ в целом.

Выбор универсального потокоформирующего элемента РЗУ

Поскольку потокоформирующие элементы ответственны за организацию необходимой для защиты рыб гидравлической структуры транзитного потока, то и анализировать их целесообразно в зависимости от способа их воздействия на водоток. В связи с этим потокоформирующие элементы можно разделить на две основные группы:

- пассивные, формирующие необходимую для защиты рыб гидравлическую структуру только при обтекании их транзитным потоком. Работают они автоматически и не потребляют энергоресурсы. Однако область их применения ограничивается установкой их либо в транзитном водотоке, либо в РЗУ внутреннего действия, процесс защиты рыб в которых происходит внутри специально устроенного для этого транзитного водовода;
- активные, принудительно формирующие гидравлическую структуру втекающего в устройство потока. Для этого они используют поступающую к ним дополнительную энергию (напорную воду, воздух, механизмы). При этом независимость работы от гидрологии водоисточника значительно расширяет область их применения. Так, в отличие от пассивных активные потокоформирующие элементы применяются также и в РЗУ поверхностного действия, процесс защиты рыб в которых происходит при

непосредственном втекании воды из водоисточника в водозабор через защитно-водоприемную поверхность.

В связи с этим с точки зрения универсализма более предпочтительными выглядят активные потокоформирующие элементы.

Если теперь определять наиболее универсальный тип среди них, то выбор следует сделать в пользу устройств, подающих в поток водяные струи, — струегенераторов. Объясняется это следующими причинами:

- во-первых, струегенераторы, действуя на водоток водяными струями, в наибольшей степени и естественнее, чем остальные, влияют на формирование его гидравлической структуры, необходимой для защиты рыб;
- во-вторых, и это с точки зрения универсальности наиболее важно, водозаборы, нуждающиеся в рыбозащите, в большинстве случаев оборудованы насосами, т.е. уже имеют источник напорной воды, необходимой для работы струегенератора;
- в-третьих, с помощью водяных струй наиболее логично решается основной алгоритм защиты рыб: рыба в воде живет, в воде она скатывается и попадает в водозабор — с помощью воды ее и нужно защищать.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее универсальным потокоформирующим элементом РЗУ является струегенератор.

Выбор универсального защитно-водоприемного элемента РЗУ

При выборе универсального типа рабочего органа его наиболее важными характеристиками являются взаимно-исключающие: пропускная и рыбозащитная (в смысле останавливающая, не пропускающая рыб) функции. В идеале универсальный рабочий орган должен иметь обе эти функции максимальными. Наибольшей же пропускной способностью обладает водозаборное окно, не оборудованное дополнительно никакой защитно-водоприемной поверхностью. В то же время, как известно, для эффективного предотвращения попадания рыб в водозабор поток должен перетекать в него со скоростями, не превышающими критических значений для защищаемых рыб, а скорость транзитного рыбоотводящего течения в этой зоне должна превышать как скорость перетекания, так и критическую для рыб скорость. Если теперь, по аналогии с выбором универсального потокоформирующего элемента, рассматривать рабочие органы с точки зрения активности их воздействия на рыб, то можно выделить три основные группы:

- *пассивные*, глухие экраны, которые являются для рыб механическим препятствием, отгораживающим рыбообитаемую зону от источника опасности;
- *принудительно-активные*, водопроницаемые экраны, движущиеся или стационарные, которые омываются транзитным течением и вдоль поверхности которых формируется зона опасности, стимулирующая самостоятельный выход рыб из нее;
- *активные*, которые оказывают непосредственное влияние на физиологию, поведение или плавательные способности приближающихся к ним рыб, и своим воздействием на них заставляют рыб самостоятельно или

принудительно покинуть опасную зону действия водозабора.

Очевидно, что с точки зрения универсализма наиболее подходящими являются активные рабочие органы, гарантированно оказывающие на рыб необходимое воздействие независимо от складывающейся на водозаборе ситуации и от набора и качества других функциональных элементов. В то же время по характеру проявления реакции рыб к выходу из опасной зоны активные рабочие органы также можно разделить на три группы:

- *самостоятельные*, или репеллентные, которые отпугивающе действуют на рыб, заставляя их самостоятельно отойти от источника опасности (электрические, световые и звуковые поля);
- *самостоятельно-принудительные*, или направляющие, которые оказывают на рыб комплексное отпугивающе-транспортное воздействие, заставляющее их самостоятельно удерживаться от ската к источнику опасности и стимулирующее их скат в безопасном направлении (турбулизированное водное течение, воздушно-пузырьковые и водовоздушные завесы);
- *принудительные*, или транспортирующие, которые активно формируют траектории пассивных миграций рыб в безопасном направлении (высокоскоростное водное течение).

Поскольку наиболее естественной средой обитания рыб является водная среда, а основным объектом защиты является пассивно скатывающаяся молодь рыб, то при отыскании универсального типа активного рабочего органа весьма целесообразным будет рассмотреть возможность использования именно высокоскоростного водного течения, которое принудительно создано и транзитно направлено вдоль зоны действия водозабора.

Очевидно, что данное течение вполне возможно создать все тем же струегенератором, сопла которого направлены по границе зоны перетекания потока в водозабор со скоростями, не превышающими критических для рыб значений.

Выбор универсального рыбоотводящего элемента РЗУ

На конструкции рыбоотводов существенное влияние оказывают различные ситуации, складывающиеся на гидротехническом объекте. Главным образом это проточность водоисточника. Так, на водотоках в качестве рыбоотвода может быть использовано транзитное естественное течение собственно водотока, т.е. пассивное, а в водоемах оно может быть только принудительным, искусственно организованным, т.е. активным. Если в русловом варианте компоновки водозабора даже из слабопроточного водоема часто достаточно бывает локально отвести защищенных рыб в сторону от него, то при наличии протяженного канала рассматриваются варианты с устройством рыбоотводящего тракта, проложенного в безопасное место водоема. Поэтому главными точками соприкосновения всех типов рыбоотводов независимо от каких-либо характеристик гидротехнического объекта являются независимость от их проточности водоисточника и от протяженности устройства рыбоотведения. Иными словами, универсальный рыбоотвод должен быть активным, принудительным, искусственно организованным и локально отводить рыб из зоны непосредственного действия водозабора. При этом отказ от устройства протяженного рыбоотвода может быть обоснован только при условии обеспечения бесконтактной защиты рыб, абсолютно не травмирующей молодь на всех этапах ее защиты, а также при наличии в водоеме безопасной зоны, в которую и осуществляется локальное рыбоотведе-

ние.

Учитывая, что в качестве универсальных потокоформирующего и рабочего элементов выбран струегенератор и созданное им водное течение, то и при выборе универсального рыбоотвода целесообразно уделять внимание все тому же транзитному течению, направленному в безопасную зону и организованному все тем же струегенератором.

Выбор универсального РЗУ

В качестве универсальных типов функциональных элементов был выбран единый искусственно созданный высокоскоростной транзитный поток, протекающий вдоль водоприемной поверхности по границе перетекания воды в водозабор со скоростями, не превышающими критические для защищаемых рыб значения. При этом данный транзитный поток не просто распространяется по границе перетекания воды в водозабор, но и формирует некую объемную зону, в которой собственно и происходит защита рыб от попадания в водозабор. Очевидно, что именно этот объемный транзитный поток является одновременно и универсальным РЗУ.

По сравнению с водозаборами, расположенными на водоемах и водотоках, конструкции и схемы работы универсального РЗУ несколько отличаются (рис. 5.49).

Так, на водоемах устройство включает верховой и низовой водораспределительные патрубки струегенератора, которыми с боков оборудовано каждое водозаборное окно водопотребителя. На водораспределительных патрубках установлены сопла, обрамляющие водозаборное окно попарно, симметрично к оси и под углом к водозаборному фронту. Водораспределительные патрубки подключены к источнику напорной воды.

Устройство работает следующим образом.

Скорость втекания воды в водозаборные окна превышает критические значения для защищаемой покатной молоди, поэтому защита рыб проводится в зоне влияния водозабора, где скорость течения направленных в него потоков не превышает критических значений. Для этого перед водозаборными окнами с помощью водяных струй, бьющих из симметрично расположенных сопел струегенератора, организуются гидравлические экраны, вынесенные в зоны перетекания воды в водозабор с «незначительными» скоростями и ограждающие его со стороны водоема. При этом гидравлические экраны, сливаясь в вершинах образовавшейся треугольной зоны — *объемного гидравлического экрана*, формируют кумулятивную струю. Эта струя, обладающая «повышенными» скоростью течения и транспортирующей способностью, действуя в зоне «незначительных» скоростей втекания воды в водозабор, обеспечивает захват молоди и плавучего мусора и вывод их из зоны действия водозабора в безопасное место.

Если водозаборный фронт включает несколько окон, оборудованных рыбозащитой, то перед ним формируется «гидравлическая гребенка», т.е. система локальных течений, расположенных по длине всего водозаборного фронта и направленных по нормали от него в безопасное место водоема. Между зубцами «гребенки» на удалении от водозабора формируются локальные водовороты, захватывающие и удерживающие в себе подходящую к водозабору молодь. Благодаря постоянному водообмену между водоворотами и гидравлическими экранами, переходящими в кумулятивные струи, происходит постоянный вынос рыб от водозабора обратно в безопасное место водоема.

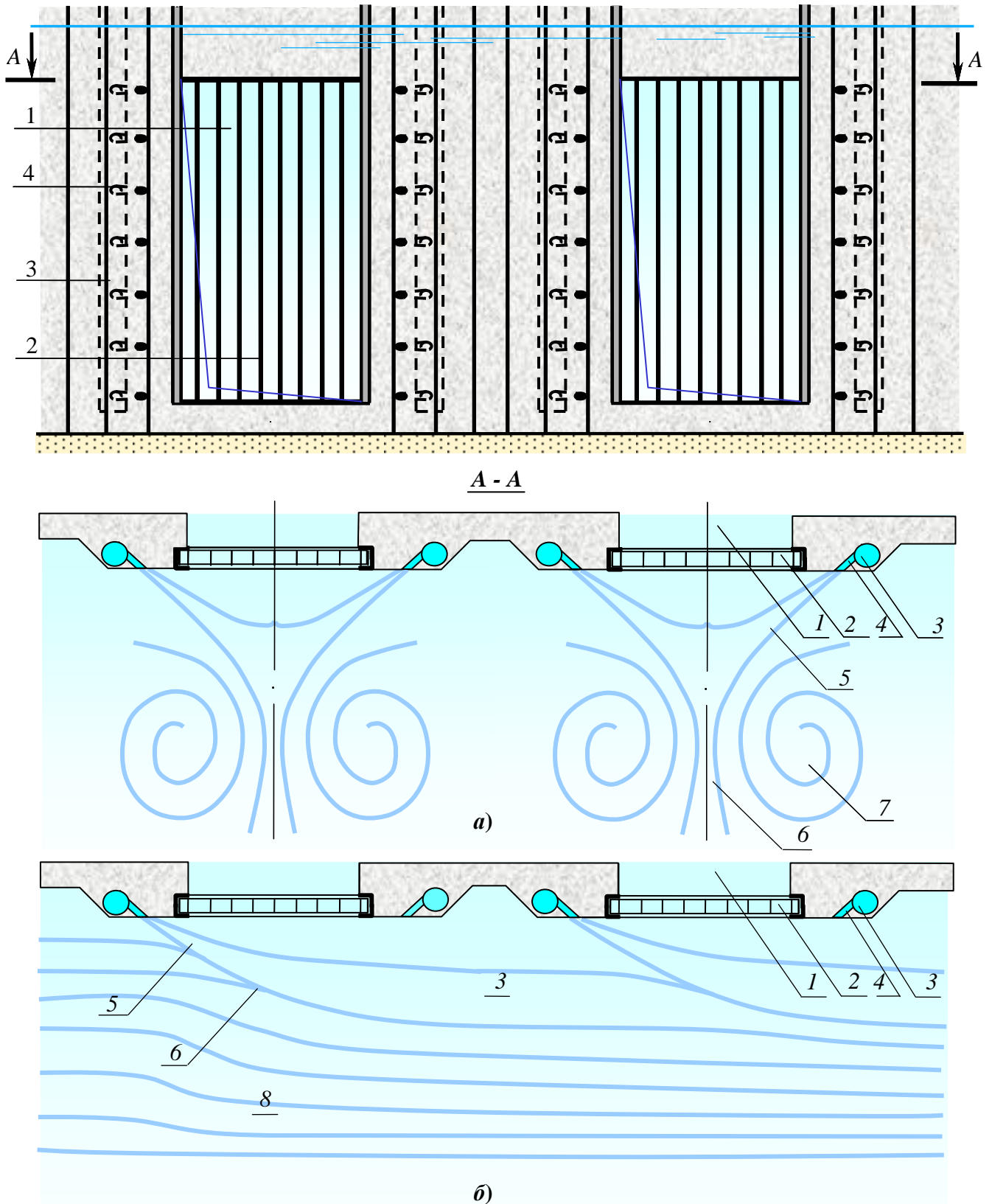


Рис. 5.49. Схема работы РЗУ «Объемный гидравлический экран»:

a — в водоеме; *б* — на водотоке; 1 — водозаборное окно; 2 — грубая решетка; 3 — напорный патрубок струегенератора; 4 — сопло струегенератора; 5 — гидравлический экран; 6 — кумулятивная рыбоотводящая струя; 7 — водоворотная зона; 8 — транзитное течение

Таким образом, на формирование траектории путей миграции молоди рыб в зоне действия водозабора оказывают влияние сразу несколько гидравлических факторов, препятствующих попаданию рыб в глубь водозаборного фронта, удерживающих их на удалении от опасной зоны влияния водозабора и выводящих обратно в безопасное

место. Тем самым организуется бесконтактная, нетравмирующая молодь защита рыб от попадания в водозабор.

При оборудовании универсальным РЗУ водозаборов, расположенных на водотоках, применяются упрощенные конструкция и схема работы струегенераторов. Так, при скорости водотока, превышающей критические значения

для защищаемых рыб, целесообразны устройство и работа только верхового струегенератора. При этом образуемый им верховой гидравлический экран изменяет траекторию ската рыб таким образом, что они в искусственно сформированном течении отводятся в транзитный водоток и в нем выносятся из зоны действия водозабора вниз по течению.

Модификации универсального РЗУ типа «Объемный гидравлический экран» разработаны и внедрены в 2003 г. на водозаборах ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» на р. Белой (водоток) по патенту РФ [3] и ПО «Электрохимический завод» на р. Кан (зарегулированный водоток — водоем) по патенту РФ [4].

Исследования обеих конструкций и схем работы объемного гидравлического экрана показали его высокую рыбозащитную эффективность при подаче напорной воды на струеобразование при различных схемах работы соответственно от 3 до 5 %, достигающую 94,7 % [5], что значительно превышает нормативные требования (70 % по СНиП 2.06.07—87 [1]).

В связи с этим сделан вывод о возможности использования в качестве самостоятельного РЗУ:

- верхового и низового струегенераторов с соплами, обрамляющими водозаборное окно попарно, симметрично его оси и расположенными под углом к водозаборному фронту, для применения на водоемах и водотоках;
- верхового струегенератора с соплами, обрамляющими водозаборное окно и расположенными под углом к водозаборному фронту, для применения на водотоках.

Изучив результаты испытаний и приняв во внимание достигнутый уровень рыбозащитной эффективности, ФГУ «ЦУРЭН» сообщило, что не возражает против применения бесконтактного РЗУ типа «Объемный гидравлический экран» на водозаборах различного назначения [6].

Отсутствие в устройстве движущихся элементов облегчает его конструкцию и обслуживание, а отсутствие сетчатых экранов существенно снижает его гидравлическое сопротивление. При этом сокращаются и затраты на эксплуатацию водоприемных органов. Организация питания струегенератора из напорной сети водопотребителя обеспечивает автоматическое включение устройства в работу вместе с водозабором. При оборудовании устройством водозаборных окон нет необходимости в замене имеющихся в них грубых сороудерживающих решеток на специальные защитно-водоприемные экраны.

Данное РЗУ абсолютно не подвержено вредным воздействиям окружающей среды (волнам, ледоходам, наносам и пр.), поскольку в нем отсутствуют какие-либо детали, вынесенные в водоем. Действуют только водяные струи.

Помимо рыбы объемный гидравлический экран эффективно отводит от водозабора и различных плавающих мусор и планктон, что благоприятно сказывается на эксплуатации вращающихся водоочистных сеток насосной станции и возвращает в водоем корм, необходимый для нагула молоди.

В объемном гидравлическом экране функции всех трех функциональных элементов гармонично сочетает в себе собственно объемное высокоскоростное транзитное течение, являющееся одновременно и наиболее естественной водной средой обитания рыб и самодостаточным РЗУ, выполняющим все необходимые для него функции, а именно: обеспечение пропускной способности к потребителю необходимого количества воды, препятствование попаданию и гибели рыб в водозаборе, обеспечение сохранения жиз-

неспособности молоди рыб и отведения их за пределы зоны влияния водозабора в безопасное место рыбообитаемого водоема для дальнейшего естественного воспроизводства, поэтому универсальный бесконтактный объемный гидравлический экран по праву можно назвать высокоэффективным РЗУ нового поколения.

В настоящее время проекты универсального РЗУ разработаны также для водозаборов Красноярской ТЭЦ-2 на р. Енисее и Назаровской ГРЭС на р. Чулыме в Красноярском крае [4], для канала Гжать—Яуза в Смоленской области [3].

Годовой экономический эффект от внедрения универсального РЗУ на водозаборе Назаровской ГРЭС составил 102,7 тыс. руб. на 1 м³/с расхода водозабора.

Новизна универсального РЗУ типа «Объемный гидравлический экран» заключается в использовании искусственно создаваемых водных течений в качестве всех функциональных элементов, что обеспечивает наиболее естественную рыбозащиту и исключает устройство в водоеме каких-либо механических конструкций.

Универсальное РЗУ может быть реализовано на водозаборах различного назначения, на любых рыбообитаемых водных объектах (водоемах и водотоках).

Доработка РЗУ нового поколения в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рыбозащите

Рыбозащитное устройство должно не только защищать молодь рыб от попадания в водозаборы, но и обеспечивать отведение ее в жизнеспособном состоянии в безопасное место. Тем не менее большинство наиболее востребованных в настоящее время РЗУ либо вообще не имеют рыбоотвода (электрорыбозаградители), либо «дальнобойность» их невелика (водовоздушные завесы), что не гарантирует от повторного возвращения рыб в зону действия водозабора. Несмотря на то что объемный гидравлический экран обеспечивает бесконтактную, нетравмирующую и наиболее естественную защиту молоди рыб в водных течениях и одновременно с их помощью, он создавался как РЗУ, способное конкурировать с вышеперечисленными конструкциями. В связи с этим он имеет тот же недостаток, а именно недостаточно «дальнобойный» рыбоотвод. Несмотря на то что при работе объемного гидравлического экрана перед водозабором создаются условия для безопасного обитания рыб, тем не менее также не исключается возможность их повторного попадания в зону непосредственного действия водозабора. В наибольшей степени этому способствуют снижение освещенности в темное время суток и ветровой волновой нагон в сторону водозабора. Для устранения данного недостатка, а именно в целях закрепления рыб на безопасном от водозабора расстоянии и создания условий, позволяющих им самостоятельно удерживаться от ската в водозабор, предложено в зоне концентрации рыб, отводимых от водозабора, устроить рыбообитаемое убежище. Оно оборудовано визуальными и тактильными ориентирами и укрытиями, отличающими его от окружающих условий водоема в зоне влияния водозабора и создающими в нем условия более благоприятные для обитания рыб, и освещается в темное время суток (рис. 5.50).

Устройство работает следующим образом. В темное время суток рыбы, скатываясь в стоковых течениях, попадают в зону действия водозабора. Проходя через освещенное убежище, они восстанавливают способность ориентироваться в потоке и прекращают скат, удерживаясь в убежище. Если же они проходят убежище в сторону водозабора, то попадают в зону действия объемного гидравли-

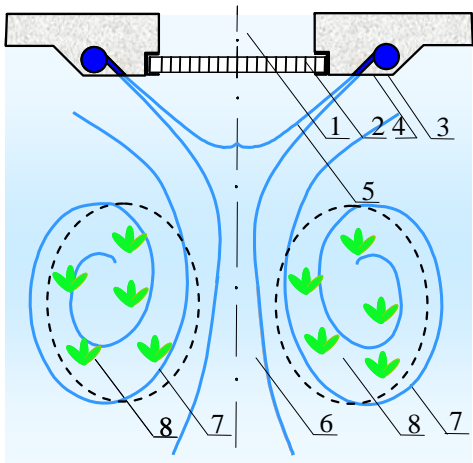


Рис. 5.50. Схема дооборудования универсального РЗУ типа «Объемный гидравлический экран» рыбообитаемым убежищем:
 1 — водозаборное окно; 2 — сороудерживающая решетка;
 3 — патрубок струегенератора; 4 — сопло струегенератора;
 5 — гидравлический экран; 6 — «зубец гидравлической гребенки» — кумулятивная рыбоотводящая струя; 7 — водоворотная зона;
 8 — рыбообитаемое убежище

ческого экрана, перехватываются им и в организованном им же локальном рыбоотводящем течении отводятся от водозабора. При этом рыбы транспортируются течением вдоль освещенного убежища. Восстановив свою зрительную ориентацию, они самостоятельно уходят в убежище и удерживаются в нем от повторного ската в водозабор. Таким образом, на рыб оказывается комплексное взаимодополняющее защитное воздействие:

во-первых, устроенные перед водозабором убежища, перехватывая и удерживая в себе часть рыб, позволяют снизить интенсивность их ската к водозабору;

во-вторых, объемный гидравлический экран организует защиту покатной молоди от попадания в водозабор;

в-третьих, убежища принимают и удерживают в себе рыб, защищенных и отводимых от водозабора;

в-четвертых, объемный гидравлический экран защищает рыб, самостоятельно вышедших или вымытых из убежища стоковым течением в водозабор, и возвращает их обратно в убежище или рыбы в локально рыбоотводящем течении, минуя убежище, выносятся в водоем за пределы действия водозабора.

Использование водяных струй для защиты рыб на ГЭС

Основной трудностью устройства рыбозащиты на крупных ГЭС является необходимость преодоления огромных масс и расходов воды, поступающих в водоприемники ГЭС. В тоже время известно, что покатная молодь большей частью концентрируется перед ГЭС в поверхностной водоворотной зоне, сформированной водозаборным течением. В темное время суток, теряя зрительную ориентацию и рассредоточиваясь по глубине, рыбы выносятся из этой зоны, скатываются в гидроагрегаты и гибнут. Используя особенности поведения рыб перед ГЭС, можно организовать их защиту от попадания в заглубленные водозаборы практически любой произ-

водительности. Для этого зона перетекания поверхностного слоя в заглубленный водозабор перекрывается восходящим гидравлическим экраном, спутным водозаборному течению.

Гидравлический экран дополнен отбойным потокоформирующим козырьком. Совместно они переориентируют верхний слой водозаборного течения и направляют его вместе с покатной молодью обратно в поверхностную водоворотную рыбообитаемую зону. При ориентировании водяных струй, формирующих гидравлический экран, также и вдоль водозаборного фронта обеспечиваются проточность водоворотной зоны и отвод покатной молоди в винтовом течении из зоны действия водозабора (рис. 5.51).

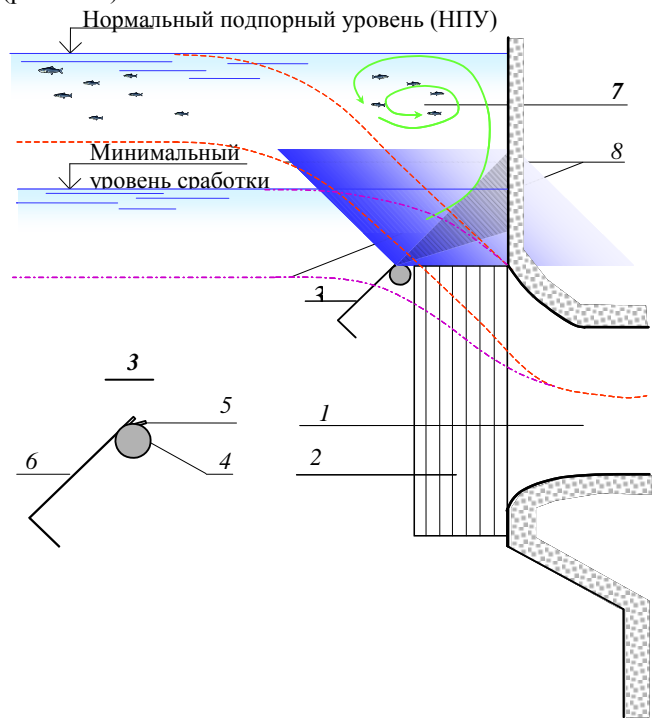


Рис. 5.51. Использование водяных струй для защиты рыб на ГЭС:

1 — водовод ГЭС; 2 — объемная сороудерживающая решетка; 3 — рыботранспортирующее устройство; 4 — водораспределительный коллектор; 5 — сопла струегенератора; 6 — потокоформирующий отбойный козырек; 7 — водоворотная рыбообитаемая зона; 8 — граница рыбообитаемого слоя без рыбозащиты

Данное гидравлическое РЗУ было разработано с использованием патента РФ [3] для временных водоводов Бурейской ГЭС общей производительностью более 660 м³/с. Себестоимость этого устройства, разработанного для крупных ГЭС, в расчете на 1 м³/с их расхода ровно на порядок ниже себестоимости других известных конструкций рыбозащиты. Так, экономия капитальных затрат от внедрения устройства на постоянных водоводах Бурейской ГЭС составит более 250 млн руб.