

УДК 628.11(23.0)(575.2)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОТСТОЙНИКОВ
ДЛЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ
ГОРНО-ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ КЫРГЫЗСТАНА**

*Г.И. Логинов, А. Таалайбек уулу, Н.А. Фомин,
А. Тойчубай уулу, Б.Б. Курумшиев*

Приведен анализ конструкций отстойников, применяемых для осветления объемов воды, забираемых из рек в ирригационные, гидроэнергетические системы и системы водоснабжения. Описаны усовершенствованные компоновочные схемы отстойников с учетом особенностей их конструкций и эксплуатации. Сделаны рекомендации к применению различных конструкций отстойников в зависимости от характеристик источников водоснабжения и технологических особенностей водопользователей.

Ключевые слова: отстойники; камеры отстойников; промывники; пульповод; наносы; водоприемный водослив; аванкамера; напорный бассейн; поверхностные затворы; глубинные затворы.

**КЫРГЫЗСТАНДЫН ТОО ЭТЕКТЕРИНДЕГИ АЙМАКТА СУУ ЧАРБА
СИСТЕМАЛАРЫ ҮЧҮН ТУНДУРГУЧТУН КОНСТРУКЦИЯСЫН ЖАКШЫРТУУ**

*Г.И. Логинов, А. Таалайбек уулу, Н.А. Фомин,
А. Тойчубай уулу, Б.Б. Курумшиев*

Бул макалада дарыялардан сугат үчүн, гидроэнергетикалык системаларга жана суу менен камсыздоо системаларына алынган суунун көлөмүн тактоо үчүн колдонулуучу тундурмалардын конструкцияларына талдоо жүргүзүлгөн. Алардын конструкцияларын жана колдонуу өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен тундурмалардын схемаларын өркүндөтүү сүрөттөлөт. Суу менен камсыз кылуу булактарынын мүнөздөмөлөрүнө жана суу пайдалануучулардын технологиялык өзгөчөлүктөрүнө жараша тундурмалардын ар түрдүү конструкцияларын колдонууга карата сунуштар берилген.

Түйүндүү сөздөр: тундургучтар; тундургуч камералары; жуугуч; пульповод; наностор; суу алуучу жай; аванкамера; басым бассейни; үстүртөн тосмо; тереңден тосмо.

**IMPROVEMENT CONSTRUCTION OF SETTLER FOR WATER MANAGEMENT
SYSTEM OF THE MOUNTAINS FOOTHILL ZONE OF KYRGYZSTAN**

*G.I. Loginov, A. Taalaybek uulu, N.A. Fomin,
A. Toichubai uulu, B.B. Kurumshiev*

The analysis of the construction of settler used to lightening the volumes of water taken from rivers to irrigation, hydropower and water supply systems is presented. Improved layout schemes of settler are described, taking into account the features of their construction and exploitation. Conclusions are drawn, which conclude recommendations for the use of various designs of settler, depending on the characteristics of water supply sources and technological features of water users.

Keywords: sedimentation tanks; sedimentation chambers; sedimentation tanks; slurry pipeline; sediments; water intake spillway; advance chamber; pressure pool; surface gates; deep gates.

Реконструируемые, проектируемые и строящиеся гидротехнические сооружения водохозяйственных систем горно-предгорной зоны Кыргызстана имеют большой перечень недостатков, связанных с перерасходом капложений на строительство и с нерациональным использованием физических характеристик водного потока. Основной проблемой при этом является использование типовых проектов, разработанных во второй половине XX века для ирригационных систем, которые учитывают результаты современных исследований энергоэффективных технологий в управлении гидравлическими процессами на гидроэнергетических системах, системах питьевого и технического водоснабжения [1].

При этом типовые конструкции сооружений, рекомендованных для ирригационных систем, не рассчитаны для условий эксплуатации в зимний период и их применение в суровых зимних условиях горно-предгорных зон Кыргызстана вызывает большие затруднения и часто приводит к аварийным ситуациям. Основными сооружениями водохозяйственных систем, которые нуждаются в совершенствовании, являются отстойники, применяемые для очистки объемов воды от расчетных фракций наносов [2].

Как правило, для очистки объемов воды от наносов на ирригационных системах Кыргызстана используются типовые проекты однокамерных отстойников с полигональным водосливом на концевом сечении (рисунок 1).

С помощью использования известных зависимостей [3] для определения длины камеры отстойника:

$$\frac{l}{v_0} = \frac{h_0}{w}, \quad (1)$$

и для определения ширины камеры отстойника:

$$b_0 \leq \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{10}\right)l, \quad (2)$$

где l – необходимая длина камеры отстойника; h_0 – средняя глубина водного потока; b_0 – ширина водного потока; V_0 – средняя скорость водного потока в камере; w – гидравлическая крупность расчетной фракции наносов, было установлено, что рекомендуемые конструкции отстойников для ирригационных систем предназначены для защиты отводящих каналов от наносов диаметром более 0,2 мм.

Рассчитанная величина максимально допустимого диаметра наносов является ограничивающим фактором применения этих конструкций на системах технического и питьевого водоснабжения и для гидроэнергетических систем. Поскольку установки на этих системах, как правило, рассчитаны на подвод воды, очищенной от более мелких наносов, то на деривационных станциях малых ГЭС с рабочими напорами более 100 м, не допускается попадание на гидроагрегаты частиц крупнее 0,1 мм [2], а системы технического и питьевого водоснабжения, перед подачей на устройства тонкой очистки, требуют предварительной очистки воды от наносов крупнее 0,05 мм [3].

Учитывая недостатки типовых конструкций отстойников, сотрудниками кафедры «Водные ресурсы и инженерные дисциплины» Кыргызско-Российского Славянского университета были предложены три усовершенствованные компоновочные схемы отстойников для различных проектов водоподачи из горно-предгорных участков рек:

1. Двухкамерный отстойник с косо-направленными водоприемными водосливами на концевом участке, который совмещен с емкостями аванкамеры насосной станции и напорными бассейнами напорной деривации (рисунок 2). Усовершенствованная конструкция двухкамерного отстойника реализована:

а) для технического водоснабжения золоторудного комбината «Джеруй» из реки Тушашуу Талаской области;

б) для очистки воды, подаваемой из реки Джеты-Купрук в систему напорной деривации малой ГЭС, устраиваемой на реке Лейлек в Баткенской области;

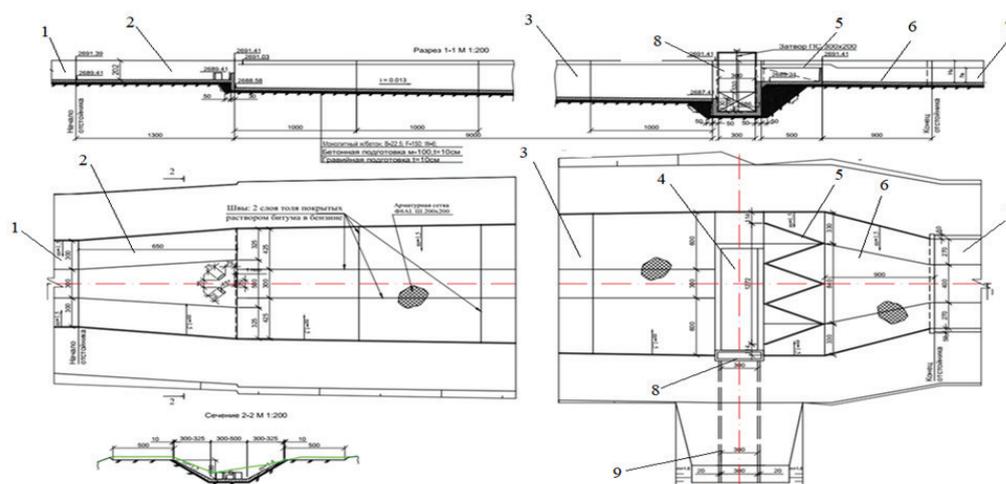


Рисунок 1 – Типовой проект однокамерного отстойника ирригационного назначения, рекомендованного для устройства на каналах с пропускной способностью $12,0 \text{ м}^3/\text{с}$: 1 – подводящий канал; 2 – аванкамера входного участка; 3 – камера отстойника; 4 – промывник; 5 – водоприемный полигональный порог; 6 – концевая аванкамера; 7 – отводящий канал; 8 – затвор промывного отверстия; 9 – пульповод

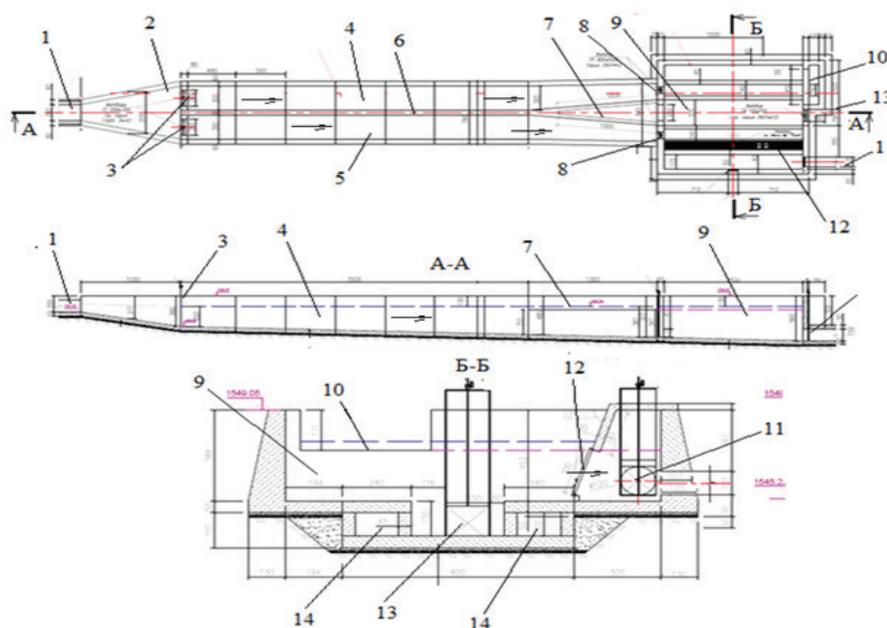


Рисунок 2 – Компонентная схема двухкамерный отстойник с косо-направленными водоприемными водосливами: 1 – подводящий канал; 2 – аванкамера на входном участке; 3 – затворный блок, служащий для регулирования подаваемых расходов водного потока; 4 – левая камера; 5 – правая камера; 6 – разделительная стенка; 7 – косо-направленные водоприемные водосливы камер; 8 – промывные отверстия, перекрываемые глубинными затворами; 9 – напорный бассейн ГЭС; 10 – автоводослив; 11 – труба деривации; 12 – сороудерживающая решётка; 13 – промывник напорного бассейна; 14 – пульповоды, отводящие двухфазный поток (вода–наносы от камер отстойника)

в) для очистки воды, подаваемой из реки Ит-Агар в систему напорной деривации малой ГЭС Джалал-Абадской области.

2. Отстойник с S-образной наносозащитной камерой, конструкция которого была предложена для устройства в составе водозаборного гидроузла на реке Арал при подаче воды в систему водоснабжения г. Чолпон-Ата, Иссык-Кульской области (рисунок 3) [3].

3. Отстойник с двойным уклоном дна камер, компоновочная схема которого рекомендована для гидроэнергетических систем (рисунок 4).

Эти компоновочные схемы отстойников представлены в качестве перспективных и служат для оптимизации процесса очистки объемов воды от расчетных фракций наносов на водохозяйственных системах различного назначения. Они могут быть рекомендованы для применения при различных условиях эксплуатации.

Отличительной особенностью компоновочной схемы двухкамерного отстойника (см. рисунок 2) с косо-направленными водосливами, является компактное относительное размещение водоприемных и промывных элементов. Это позволяет проводить сосредоточенную подачу объемов воды в напорные бассейны и аванкамеры насосных станций и ускоряет процесс промывки камер за счет продольного размещения осей промывников.

Устройство компоновочной схемы отстойника с S-образной камерой (см. рисунок 3) позволяет сократить длину строительной площадки и уменьшить капиталовложения за счет уменьшения размеров боковых стенок, устанавливаемых по периметру.

Крупные наносы, которые откладываются на начальном участке, промываются вначале через средний промывник, а мелкие наносы, отложившиеся на последующих участках, промываются после, через концевой промывник. При расчете камер отстойника на осаждение взвешенных наносов крупностью 0,05 мм было установлено, что общая длина такого отстойника составляет менее 50 % длины прямолинейного отстойника, а эффективность промывки (по времени) повышается до 65 %.

Вторая – вспомогательная камера отстойника может вести очистку от наносов автономно. Параметры вспомогательной камеры меньше расчетных размеров, ее рекомендуется включать в период, когда вода в реке транспортируется с меньшей мутностью от расчетной. Основное назначение этой камеры – проведение очистки воды от седиментов в зимний период, когда по реке движутся объемы воды с низкой мутностью. Зимой, при низких отрицательных температурах воздуха, вода по вспомогательной камере может транспортироваться с большими скоростями, чем по S-образной камере. Это уменьшает вероятность ее замерзания. Также в зимний период в этой камере может быть организована защита от шуго-ледовых образований.

При разработке компоновочной схемы отстойника с двойным уклоном (прямым и обратным) дна камер (см. рисунок 4), в качестве аналога была рассмотрена конструкция двухкамерного отстойника Быстровской ГЭС, построенной в 1952–1954 гг. на р. Чу.

Для управления технологическими процессами осаждения наносов и промывок отложений наносов, в начальном и концевом сечениях камер отстойника размещены поверхностные затворы.

В начале камер отстойника дно размещается с прямым уклоном, а на концевом участке – дно расположено с обратным уклоном. На участках изменения направления дна камер отстойника предусмотрены переходные участки. На этих участках в береговых стенках камер размещены промывные отверстия, которые перекрываются глубинными затворами.

На входном и выходном сечениях отстойника устанавливаются аванкамеры, длина которых соответствует рациональному сопряжению камер отстойника с подводящим и отводящим каналами. На входном сечении аванкамера перераспределяет воду между камерами отстойника, а на выходном участке – между отводящим каналом отстойника и второй – промываемой камерой.

При работе отстойника подача воды осуществляется через одну камеру отстойника, в это время вторая камера промывается. Промывка камер осуществляется в два этапа. На первом этапе вода из подводящего канала подается на начальный участок промываемой камеры, который имеет прямой

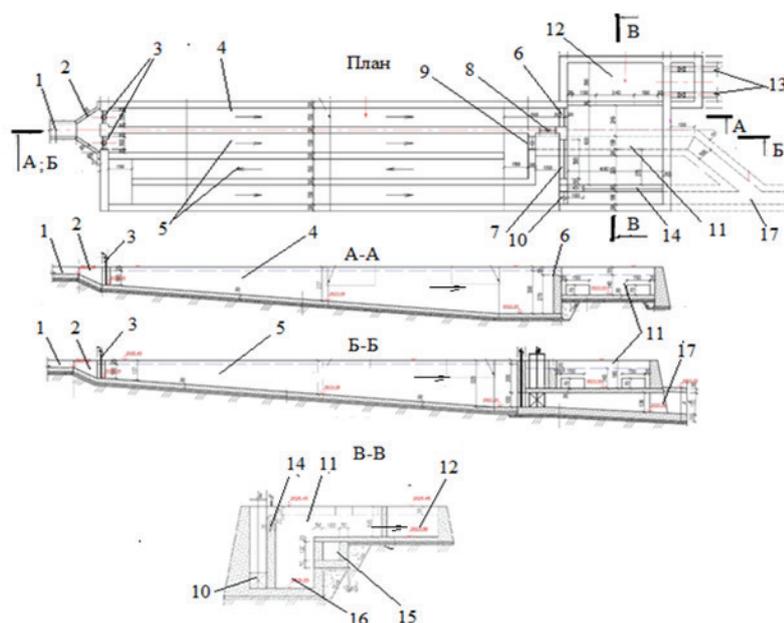


Рисунок 3 – Компонировочная схема двухкамерного отстойника с S-образной камерой: 1 – подводящий канал; 2 – аванкамера на входном участке; затворный блок; 4 – вспомогательная камера; 5 – S-образная камера; 6 – водоприемный водослив вспомогательной камеры; 7 – водоприемный водослив S – образной камеры; 8 – промывник вспомогательной камеры; 9 – средний промывник; 10 – концевой промывник; 11 – аванкамера насосной станции; 12 – водоприемный оголовок насосной станции; 13 – всасывающие трубопроводы; 14 – автоводослив аванкамеры; 15 – пульповод; 16 – успокоитель; 17 – основной пульповод

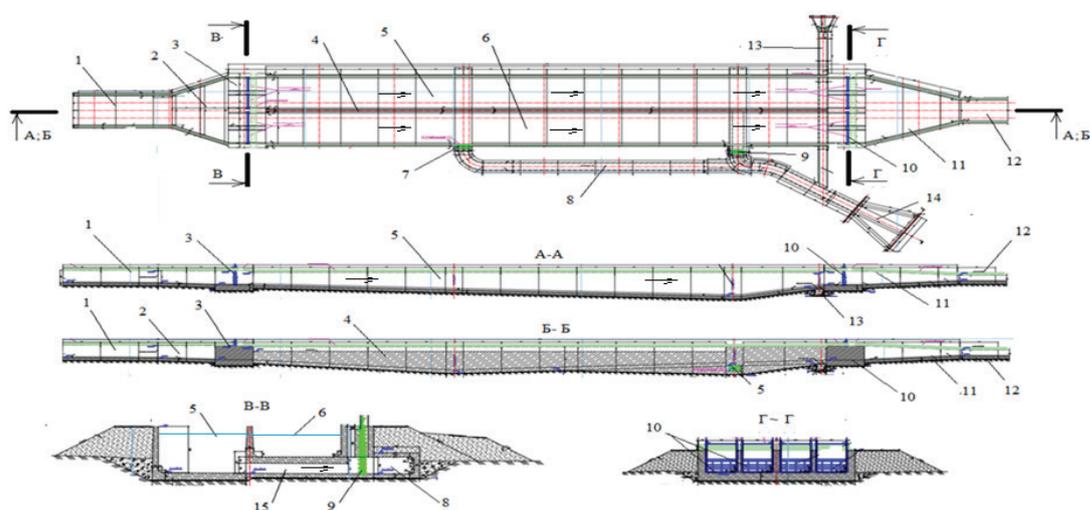


Рисунок 4 – Компонировочная схема отстойника с двойным дном: 1 – подводящий канал; 2 – аванкамера входного участка; 3 – затворный блок входного оголовка; 4 – разделительная стенка камер отстойника; 5 и 6 – отдельные камеры отстойника; 7 промывник дальней камеры; 8 – пульповод; 9 – промывник ближней камеры; 10 – затворный блок выпускного оголовка камер; 11 – аванкамера водовыпускного участка; 12 – отводящий канал; 13 – ливне пропуск; 14 – водосбросной участок пульповода; 15 – промывной тракт далее камеры отстойника

уклон дна. После промывки начального участка вода на концевой участок с обратным уклоном дна подается со стороны отводящего канала отстойника.

Как правило, при проектировании отстойников с водоприемными водосливами на концевых участках их расчет выполняется на свободный режим истечения [4]. Это определяет условие потерь энергии на участке отстойника, которые соответствуют величине напора над гребнем водослива. Поэтому применение отстойника с прямым и обратным уклоном дна является наиболее приемлемым при рассмотрении водохозяйственных систем гидроэнергетического назначения.

Выводы. Предложены компоновочные схемы отстойников, которые рекомендованы для внедрения на водохозяйственных системах горно-предгорной зоны Кыргызстана. Эти конструкции могут быть применены в зависимости от характеристик источников воды и технологических особенностей водопотребителей и водопользователей.

Однокамерные отстойники с полигональными водосливами могут устраиваться на ирригационных системах, допускающих перерывы в подачи воды.

Двухкамерные отстойники с косо-направленными водоприемными водосливами рекомендуются для устройства на ирригационных системах и системах технического водоснабжения.

Отстойники с S-образной камерой рекомендуются для устройства на системах питьевого водоснабжения с подачей воды из горных рек со сложным ледовым режимом.

Отстойники с двойным уклоном дна могут применяться при подаче воды из малых горно-предгорных участков рек в системы деривационных ГЭС.

Эти рекомендации позволят обосновать выбор компоновочной схемы отстойника при проектировании сооружений водохозяйственных систем.

Литература

1. *Лавров Н.П.* Водозаборные и водопроводящие сооружения в горно-предгорной зоне: учеб. пособие / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2016. 142 с.
2. *Лавров Н.П.* Рекомендуемые способы предотвращения попадания речных наносов и шуги в водоводы деривационных гидроэлектростанций / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов, А.В. Шипилов, Т.А. Шестопалова, А.О. Аристархова, А.Е. Матюкова // Вестник МЭИ. Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии. 2019. № 5. С. 46–52.
3. *Нифадьев В.И.* Водозаборный гидроузел на реке Арал для водоснабжения г. Чолпон-Ата Иссык-Кульской области Кыргызстана / В.И. Нифадьев, Н.П. Лавров, Г.И. Логинов, А. Рустембек уулу // Сб. тр.: Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. Саратов: Саратовский госуд. технич. ун-т им. Ю.А. Гагарина. 2019. С. 4–11.
4. *Лавров Н.П.* Результаты модельных исследований сопрягающих участков водозаборных гидроузлов из горных рек / Н.П. Лавров, Г.И. Логинов, Ю.Ф. Пархоменко // Вестник КРСУ. 2012. Т. 12. № 6. С. 36–40.