



ПЛОТИ́НА

Авторы: В. В. Волшаник

ПЛОТИ́НА, гидротехнич. водоподпорное сооружение, перегораживающее русло (русло и долину) реки и удерживающее воду с одной (верховой) стороны на более высоком уровне, чем с другой (низовой), т. е. создающее подпор. Примыкающая к П. часть реки с более высоким уровнем называется верхним *бьефом*, с низким уровнем – нижним бьефом. Разность уровней называется *напором*. П. небольшой высоты – запруда. Функции водоподпорных сооружений выполняют здания ГЭС, судоходные шлюзы, шлюзы-регуляторы и др.

Классификация плотин

По назначению П. служат: для создания водного объекта в хозяйств., рекреат. и др. целях, напора на ГЭС, регулирования стока реки (водохранилища) во времени и обеспечения гарантированного водоснабжения, а также для создания судоходных глубин и др. По возможности пропуска воды через створ различают П.: глухие, непосредственно через которые вода не пропускается (в этом случае при необходимости подачи воды в нижний бьеф её пропуск осуществляют через береговые водопропускные сооружения, здание ГЭС, шлюзы или др. спец. сооружения); *водосливные плотины* (водосбросные). По типу основного материала различают П.: из грунтовых материалов; из каменной наброски и из сухой каменной кладки или *габионов*; каменно-земляные, в которых используются земля и каменная наброска; каменные, выполняемые из каменной (бутовой) кладки на растворе, широко распространённые в прошлом; бетонные и железобетонные (в которых в осн. применён железобетон); деревянные и комбинированные из разл. материалов. По способу обеспечения устойчивости (восприятия нагрузки от действия гидростатич. давления со стороны верхнего бьефа) П. разделяются на *гравитационные плотины* (нагрузка воспринимается силами трения тела П. по основанию), *арочные плотины* (нагрузка передаётся на берега створа П. за счёт арочного эффекта) и купольные (нагрузка передаётся на берега и дно реки). По высоте создаваемого напора принято выделять низконапорные П. (с напором менее 25 м), средненапорные (от 25 до 75 м), высоконапорные (более 75 м) и сверхвысоконапорные (более 150 м). Указанные границы выбраны несколько условно, однако сведения о высоте П. несут много полезной информации. По характеру основания различают П., построенные на мягких грунтах (проницаемых, нескальных) и на скальных грунтах. От вида грунта основания зависит характер фильтрации воды под П., способ расчёта параметров фильтрац. потока и выбор средств предотвращения фильтрации, т. е. свойства грунта влияют на устойчивость П. и возможность создания макс. напора.

Тип и конструкция плотин

Бетонные гравитационные П. широко распространены во всём мире благодаря простоте конструкции и способам возведения, надёжности в любых природных условиях. С 1934 для повышения прочности бетонных П. и усиления их связи с основанием применяются анкеры (стальные тросы, опущенные в спец. скважины в теле П. и в основании, зацементированные на глубине 22–24 м от подошвы П.). В большом количестве в мире строятся облегчённые бетонные *контрфорсные плотины*. Грунтовые П. просты по конструкции, их строительство

возможно в очень широком диапазоне геологич. условий; при возведении могут широко применяться местные строит. материалы, обеспечивается почти полная механизация труда и сокращение трудозатрат. Грунтовые П. можно считать самым распространённым типом водоподпорного сооружения. По конструкции грунтовые П. бывают однородными, возводимыми без спец. противофильтрац. элементов, и неоднородными, тело которых состоит из грунтов двух или нескольких видов. По методам производства работ грунтовые П. делят на [насыпные плотины](#), [намывные плотины](#), [набросные плотины](#), взрывонабросные, из сухой кладки камня. По условиям пропуска строит. и эксплуатац. расходов воды грунтовые П. подразделяют на глухие, фильтрующие и переливные. В деревянной П. действующие нагрузки воспринимаются дерев. элементами, а устойчивость против сдвига обеспечивается закреплением сооружения в основании и загрузкой балластом из грунтовых материалов. Дерев. П., как правило, устраиваются водосливными; глухие дерев. П. даже в местностях, богатых строит. лесом, более дорогостоящие, чем земляные или каменнонабросные. Тип дерев. П. зависит от конструкции его нижней флютбетной части (совокупность осн. подводных частей водосливной П., образующих искусств. ложе для открытого водного потока), устраиваемой по одному из следующих типов: свайному (в котором нагрузка от воды воспринимается сваями, забиваемыми в грунт основания), ряжевому (нагрузки передаются стенками ряжей, устраиваемых непосредственно на грунт основания), свайно-ряжевому (нагрузки передаются на свайный ростверк). Изредка строятся контрфорсные и арочные дерев. плотины.

Мягкие конструкции могут широко применяться при строительстве П. малых напоров; мягкие подпорные сооружения подразделяются на сооружения, наполняемые водой, воздухом или водой и воздухом, мембранные и комбинированные. Для мягких оболочек используют резино-тканевые, плёночно-тканевые и плёночные материалы. В стальных П., которые по существу являются контрфорсными, наклонная напорная грань выполнена из стали, а контрфорсы или сквозные фермы, являющиеся опорными конструкциями, выполняются как из стали, так и из железобетона.

Расчёт П. носит комплексный и многофакторный характер; при проектировании П. проводятся расчёты: фильтрации в теле П. и в основании; напряжённого состояния основания; напряжённого состояния тела П.; восприятия сейсмич. нагрузок; устойчивости откосов П.; сопряжения с основанием и др.

Историческая справка

Искусство возведения П. известно с глубокой древности. О водоподъёмных П. упоминает Геродот. Абу-ль-Фида сообщает о П., построенной персами для отвода воды от г. Тостара. Аббас I Великий соорудил близ Кашана каменную П. длиной 36 м, выс. 16 м и толщиной 10 м, снабжённую у подошвы каналом для пропуска воды. Самая древняя из известных П. датирована 3000 до н. э., она располагалась в 100 км от Аммана; это была каменная стена выс. 4,5 м и толщиной 1 м. В 2800 (2600) до н. э. в 25 км от Каира была возведена П. протяжённостью 102 м, выс. 14 м; П. выс. 3,25 м для защиты от нильских паводков построена 4500 лет назад и существует до сих пор.

На территории быв. СССР водяные мельницы с П. строились ещё во времена Древней Руси; в 17–19 вв. использовали в осн. механич. энергию гидросиловых установок (такие П. были незначительны по размерам и сооружались из местных материалов). Мощные ГЭС с бетонными и земляными П. больших размеров начали строить лишь при сов. власти, после принятия [ГОЭЛРО плана](#). В 1926 построена первая бетонная водосливная П. Волховской ГЭС. В 1932 сооружена высокая бетонная П. Днепровской ГЭС (её наибольшая выс. ок. 60 м).



Рис. 1. Каменно-набросная плотина Нурекской ГЭС.

Фото Ibrahim Rustamov



Рис. 2. Арочно-гравитационная бетонная плотина Саяно-Шушенской ГЭС.

Водосливная П. Нижнесвирской ГЭС – первая П., построенная на слабых глинистых грунтах. В 1950–70-х гг. на многоводных реках были сооружены: намывные земляные П. на Волге, у Куйбышева и Волгограда; бетонные П. Братской ГЭС на Ангаре (выс. 125 м) и Красноярской ГЭС на Енисее (124 м), наиболее высокой бетонной П., созданной в СССР, была П. Токтогульской ГЭС на р. Нарын (выс. 215 м, Кирг. ССР); каменно-набросная П. Нурекской ГЭС на р. Вахш (выс. 304 м, Тадж. ССР, рис. 1); арочно-гравитац. бетонная П. Саяно-Шушенской ГЭС на Енисее (выс. 242 м, РСФСР, рис. 2) и мн. др.

Из П., сооружённых за рубежом, наиболее известны: многоарочная П. Бартлетт (выс. 87 м, США), каменная П. Парадела (выс. 112 м, Португалия), земляная П. Сер-Понсон (выс. 122 м, Франция), каменно-земляная П. Миборо (выс. 131 м, Япония), бетонная контрфорсная многоарочная П. Даниел-Джонсон (выс. 215 м, Канада), бетонная водосбросная П. (выс. 185 м) самой крупной в мире ГЭС (2014) «Санья» («Три ущелья») на р. Янцзы. Самая высокая бетонная гравитационная П. в мире, построенная на скальном основании, – П. Гранд-Диксанс в Швейцарии (выс. 284 м). Высота проектируемой на р. Голубой Нил П. Абу-Шенейна в Судане составит 335 м; в случае осуществления проекта это будет самая высокая П. в мире.

Обеспечение безопасности

В РФ безопасность гидротехнич. сооружений регулируется Федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений», принятым Гос. думой 23.6.1997. Мероприятия по обеспечению безопасности должны выполняться начиная со стадии проектирования. В ходе возведения П. должна производиться проверка на соответствие работ, свойств оснований и строит. материалов проектным данным. В ходе эксплуатации сооружения требуется осуществлять натурные наблюдения (мониторинг П. с помощью контрольно-измерит. аппаратуры). Помимо аппаратного мониторинга, на всех П. следует выполнять натурные визуальные и геодезич. наблюдения. Различают два случая несоответствия П. проектно-нормативным требованиям: потенциально опасное состояние и предаварийное состояние.

Проведение измерений, наличие плана действий в экстренных ситуациях и готовность персонала гидроузла к аварийным ситуациям способны предотвратить аварии и избежать трагич. последствий. В 1993 на Курейской П. (РФ) резко возрос фильтрац. расход через насыпь. Произошло вымывание мелкозернистого грунта, на откосах появился и стал расти провал, грозящий катастрофич. прорывом воды через считанные часы. Руководство гидроузла смогло предотвратить катастрофу, резко снизив уровень воды в верхнем бьефе, организовав немедленную засыпку образовывавшейся воронки и кольматацию трещины с верховой стороны глинистым грунтом.

Однако не всегда удаётся избежать техногенных катастроф. Так, в 1928 из-за аварии на П. Сент-Франсис (США) погибло ок. 600 чел.; в 1959 на П. Мальпассе (Франция) – 423 чел.; в 1963 на П. Вайонт (Италия) – 2500 чел.; в

1975 на П. Баньцяо (Китай) – 171 тыс. чел.; в 2009 на [Саяно-Шушенской ГЭС](#) – 75 чел.

Литература

Лит.: Гидротехнические сооружения / Под ред. М. М. Гришина. М., 1979; Гидротехнические сооружения (речные) / Под ред. Л. Н. Рассказова. 2-е изд. М., 2011; Катастрофы на плотинах. Мировая статистика // Рынок страхования. 2011. № 10(85).