

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАВОДКОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Целью исследования в данной статье является корректировка нормативной документации, связанной с назначением запаса отметки гребня бетонных плотин относительно форсированного подпорного уровня. В современном своде правил (СП 40.13330.2012 «Плотины бетонные и железобетонные») запасы назначаются только исходя из класса гидротехнического сооружения. Основной идеей статьи является дифференцирование запасов отметки гребня плотин не только по классу, но и по паводкам, аккумуляция и пропуск которых возможны на этих гидроузлах. Для обоснования этой идеи в статье анализируются наиболее крупные паводки последних лет, прошедших на территории Российской Федерации: это — наводнение на р. Зея в 2007 г., наводнение на р. Амур в 2013 г., наводнение 2014 г. в бассейне Верхней Оби. Приводится анализ запасов гидроузлов согласно современной нормативной документации. Для понимания истории возникновения этих запасов рассматриваются также устаревшие редакции норм и правил проектирования бетонных и железобетонных плотин. Рассмотрены гидрографы рек территории бывшего Советского Союза. Анализируется показатель отношения площади водохранилища к его объёму. Предлагается, кроме запасов отметки гребня по классу, ввести дополнительную дифференцированную систему запасов отметки гребня плотины, основанную на отношении площади водохранилища к его объёму. Делается вывод о возможности применения такой системы в новой редакции строительных норм и правил, а также о необходимости обсуждения этого вопроса другими специалистами в области гидротехнического строительства.

Ключевые слова: паводок, водохранилище, нормативная документация, запасы гребня плотины.

Введение

Наводнение является одним из наиболее опасных стихийных явлений, характеризующихся повторяемостью той или иной обеспеченности. Широкое затопление территории может привести как к большому материальному ущербу, так и к человеческим жертвам. Среди множества причин возникновения этого катастрофического явления стоит выделить последствия паводка.

В последнее время наблюдается тренд увеличения количества сверхрасчётных паводков. При этом важны возможности гидроузлов как в аккумуляции паводкового стока, так и в его пропуске. Одним из путей решения проблемы пропуска паводка является строительство аварийного берегового водосброса, способного обеспечить высокую пропускную способность и безопасный режим наполнения водохранилища. Из существующих сейчас подобных сооружений в нашей стране можно назвать береговой водосброс Саяно-Шушенской ГЭС (рис. 1) [1].



Рис. 1. Вид на Саяно-Шушенскую ГЭС и береговой водосброс с нижнего бьефа

Конструктивно паводковый водосброс Саяно-Шушенской ГЭС состоит из водоприёмного сооружения, двух безнапорных тоннелей, пятиступенчатого перепада и отводящего канала. Водоприёмное сооружение предназначено для забора воды в водосброс и включает в себя водосливы практического профиля с отметкой порога 524,0 м и забральную стенку. Максимальная пропускная способность берегового водосброса составляет 4000 м³/с.

Для пропуска сверхрасчётных паводков широкое применение в Европе получила система затворов Hydroplus [2], расположенных на гребне сооружения или в сухом канале. Система выполнена в виде поворотных затворов (рис. 2). Во время заполнения водохранилища до уровней ниже критических, затвор находится в устойчивом положении (см. рис. 2, *Поз. 1*), удерживая своей массой лёгкие колебания уровней. При нерасчётных паводках, начинает расти уровень воды, постепенно достигая верха затвора, где находится входное отверстие. Как только вода попадает в отверстие, увеличивается взвешивающее давление (*Поз. 2*), а горизонтальная составляющая гидростатического давления начинает переворачивать затвор (*Поз. 3*), тем самым позволяя пропустить через него паводковый расход.

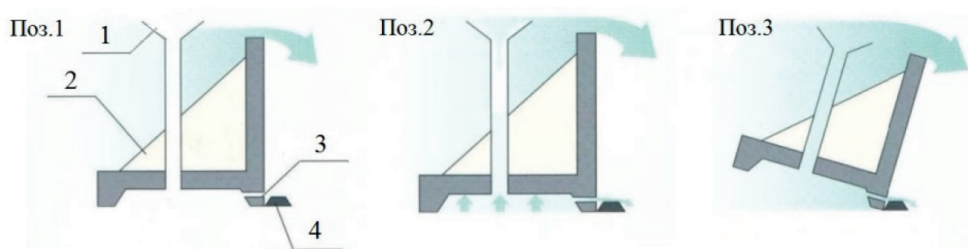


Рис. 2. Принцип работы системы Hydroplus Fusegate:
1 — входное отверстие; 2 — балласт; 3 — дренаж; 4 — опорная балка

Существует множество других систем для пропуска экстремального паводкового расхода: системы, содержащие напорные трубопроводы, системы, использующие схемы поверхностного размыва участка плотины для контролируемого прорана [3], [4]. Но, кроме этого, более рациональным для гидроузлов была бы возможность также аккумулировать паводок. Этому может способствовать создание в бассейнах рек системы порогов и временных водохранилищ (рис. 3) [5]. На реках формируются каменные пороги, позволяющие создавать временные водохранилища для аккумуляции паводка. Конструкция порога позволяет задерживать паводковый расход, а в межпаводковый сезон пропускать меженный расход воды. Удержание временными водохранилищами части паводкового расхода поможет основному гидроузлу принять именно тот объём паводка, который тот способен удержать.

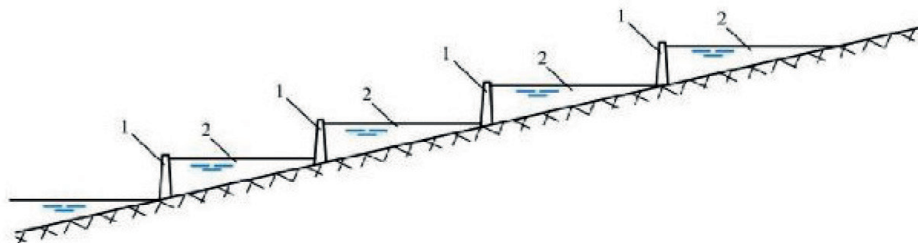


Рис. 3. Схема разбивки русла на пороги: 1 — пороги; 2 — временные водохранилища

Однако эти и другие технические решения нужно применять вместе с пересмотром нормативной литературы. Рост количества выдающихся паводков приводит к тому, что гидроузлам проблематично удержать сверхрасчётные расходы. Эти самые паводки не учитываются в своде правил по проектированию бетонных и железобетонных плотин. Запасы назначаются только по классу сооружения. Задачей данной статьи является анализ влияния сверхрасчётных паводков на

гидроузлы, а также предложение по изменению запасов плотин водохранилищ. Для того чтобы проанализировать влияние паводков, рассмотрим наводнения последних лет.

Основная часть

Одно из крупнейших паводковых наводнений произошло в 2007 г. на р. Зея [6], [7]. Летом 2007 г. прошёл паводок, близкий к 1 % обеспеченности. В соответствии с Правилами использования водных ресурсов (ПИВР), режим наполнения Зейского водохранилища строго регламентирован. К началу половодья водохранилище срабатывается до уровня сработки 310,0 м. Далее происходит наполнение водохранилища до отметки нормального подпорного уровня (НПУ) — 315,0 м. Наполнение осуществляется при расходах воды гидроэлектростанцией от 640 до 1300 м³/с. Наполнение водохранилища выше отметки НПУ происходит при расходах 1300 м³/с.

По мнению некоторых специалистов, процессы переформирования и деформации русла в нижнем бьефе привели к уменьшению пропускной способности нижнего бьефа, а низкая энергозагруженность привела к расходам через ГЭС ниже рекомендуемых. Это не позволило эксплуатировать гидроузел в соответствии с правилами, и, как следствие, вызвало проблемы со сработкой водохранилища к половодью до уровня 310,0 м. Летом 2007 г. фактический приток оказался выше расчётного (рис. 4, табл. 1).

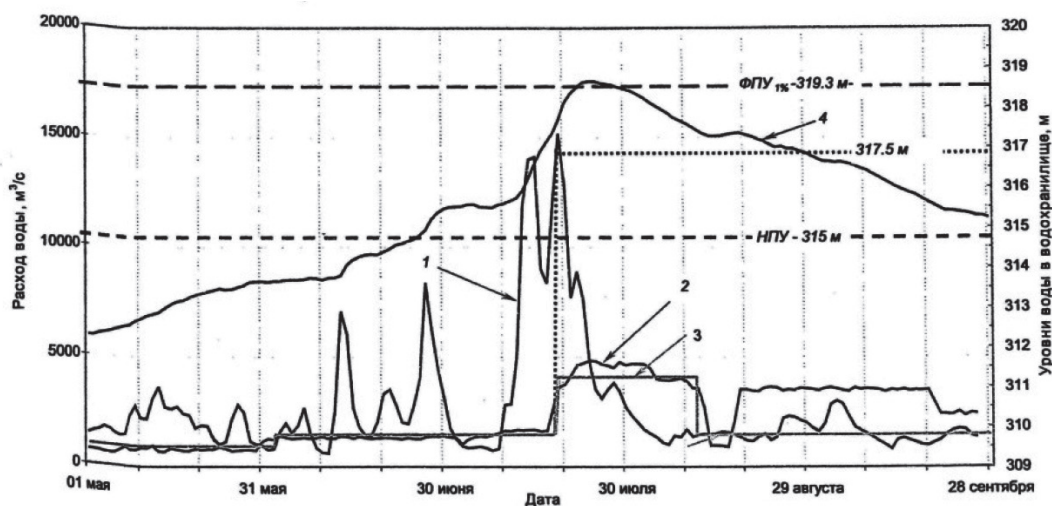


Рис. 4. Графики притока (1), сбросов воды (2 — фактические; 3 — по ПИВР) и уровней воды (4) в 2007 г.

Таблица 1

Прогнозируемые и фактические расходы притока на р. Зея в 2007 г.

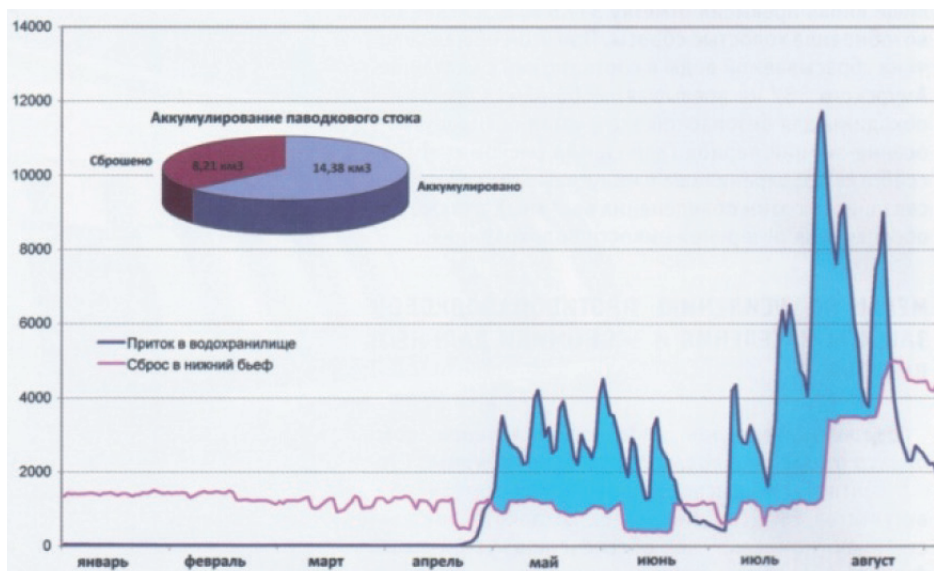
Период	Норма, м ³ /с	Прогнозируемый расход, м ³ /с	Фактический расход, м ³ /с
Май, июнь	1138	1100–1300	1671
Июль	1670	1900	5490
Июль – сентябрь	1713	1500–2000	7800

Паводок на р. Зея поставил под угрозу затопления более 15 населённых пунктов, общая численность жителей которых составляла 36 тыс. чел. Были подтоплены населённые пункты: Овсянка, Заречная слобода, Александровка, Алексеевка, Зея. Под угрозой затопления оказались сёла: Бомнак, Умлекан, Рублёвка, Берёзовка и др. Только в первые дни бедствия из опасной зоны было эвакуировано свыше 400 чел. Отсутствие в течение более 35 лет крупных наводнений создало иллюзию паводковой безопасности на р. Зее, а отклонения от правил использования водных ресурсов привели к необоснованно поднятым во время прохождения паводка сбросным расходам

до 3000 м³/с. В итоге Зейский гидроузел задержал паводок, но при соблюдении правил наполнения и сработки водохранилища масштабы затопления нижнего бьефа могли быть много меньше.

Рассмотрим наводнение на Амуре 2013 г. [8] – [10]. В 2013 г. Амурская область, Хабаровский край и Еврейская автономная область стали зоной интенсивных осадков. Согласно данным Росгидромета, начиная с июля, в Амурской области выпало осадков выше годовой нормы, а в других областях — 3,0 – 3,5 месячных нормы. Эти осадки вызвали заметный приток в водохранилища р. Зеи и р. Буреи. Был побит исторический рекорд — последний раз такой крупный паводок был зарегистрирован более 120 лет назад. Анализ гидрологической ситуации показал, что с июля по август в Зейском водохранилище прошли две волны паводка. Первая волна достигла своего пика 1 августа с расходом 11700 м³/с. В середине августа приточность сократилась до 3750 м³/с, а концу месяца снова поднялась до 9000 м³/с. Приток воды в Бурейское водохранилище также оказался крайне высоким, приточность в пике составила 9000 м³/с. Во время наводнения было подтоплено 126 населённых пунктов и 15 муниципальных образований в Амурской области, 77 населённых пунктов и 9 муниципальных образований в Хабаровском крае. Всего было затоплено более 8 млн км² территории, подтоплены около 13,5 тыс. жилых домов. Зейский и Бурейский гидроузлы смогли задержать значительную часть паводка (рис. 5): Зейское водохранилище приняло 14,2 км³ из 22,7 км³, Бурейское водохранилище удержало 4,9 км³ из притока 8,01 км³.

а)



б)

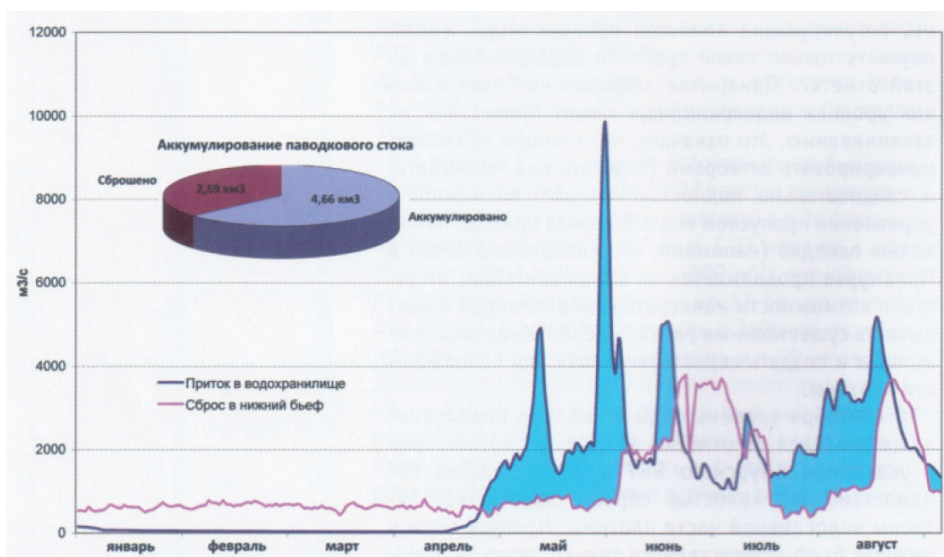


Рис. 5. Режимы работы Зейской (а) и Бурейской ГЭС (б) во время паводка 2013 г.

Причинами наводнения стали, в первую очередь, аномальные осадки, выпавшие в верховьях р. Зеи и р. Буреи. Но общий сток этих двух рек составляет 15 % от общего стока р. Амур, поэтому, несмотря на значительную паводковую аккумуляцию, на большую часть наводнения гидроузлы влияния не оказали. К причинам столь катастрофического наводнения относится также высокая насыщенность почвогрунтов водой. Снежная зима и поздняя весна привели к насыщению почво-грунтов и снижению их впитывающей способности. Недостаток ежедневных данных о расходах и малая продолжительность рядов наблюдений за стоком снизили достоверность оценки повторяемости максимального стока.

Рассмотрим наводнение 2014 г. в бассейне Верхней Оби [11]. В связи с аномальными осадками в предгорьях Алтая с мая по июнь 2014 г., в Алтайском крае произошло крупное наводнение. Сформированный осадками дождевой паводок прошёл по бассейну Верхней Оби. Несмотря на то, что река Обь является равнинной рекой, её гидрологический режим формируется, в основном, в горах. Первая волна половодья обусловлена таянием снегов на равнинной части водосбора, и значительный приток формируется благодаря притокам. Вторая волна половодья формируется при таянии горных снегов и ледников и проходит преимущественно в июне, июле. Прогноз гидрологического режима является основой для подготовки вероятных сценариев затопления. В зимние месяцы 2013 – 2014 гг. наблюдалось незначительное выпадение снега, в предгорьях Алтая также выпало не более 70 % нормы осадков. Поэтому первая волна половодья прошла мягко и незаметно, это стало причиной прогнозов и о мягком прохождении второй волны. Наступил дождевой паводок с осадками выше нормы в два-три раза, но, несмотря на это крупных разрушений и затоплений, подобных дальневосточным, не произошло.

Анализируя эти наводнения можно подытожить основные причины осложненного пропуска паводков:

- 1) несоблюдение правил использования водных ресурсов при наполнении водохранилища, приводящее к уменьшению паводковых запасов водохранилища;
- 2) сложное прогнозирование аномальных паводков. На рис. 6 представлены кривые, показывающие вероятность того, что максимальный расход заданной повторяемости будет зарегистрирован на гидротехническом сооружении в течение срока эксплуатации хотя бы один раз. Графики показывают, что, даже имея большой объём статистических данных, долгосрочное прогнозирование проблематично и неточно;
- 3) малое количество пунктов краткосрочного прогнозирования притока на водохранилищах.

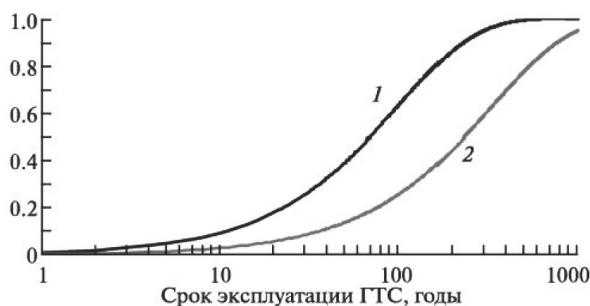


Рис. 6. Вероятность регистрации расчётного расхода во время эксплуатации ГТС:
1 — кривая лог-распределения Пирсона III типа; 2 — кривая Крицкого-Менкеля

Проанализируем описанные паводки с точки зрения назначения запасов гребня плотины. Рассмотрим нормативную документацию, регламентирующую запасы гребня бетонных плотин. Согласно СП 40.13330.2012 «Плотины бетонные и железобетонные» [12], отметка гребня плотины определяется по формуле

$$\text{Отм. гр.} = \text{ФПУ} + a, \quad (1)$$

где a — запас по гребню, зависящий от класса гидротехнического сооружения: для плотин I класса — 0,8 м; для II класса — 0,7 м; для III и IV классов — 0,4 м.

Таким образом, отметка гребня плотины гидроузла зависит только от класса сооружения и форсированного уровня воды. Но отметка форсированного уровня рассчитывается по кривой обеспеченности расхода, которая не замкнута по своей ординате (рис. 7).

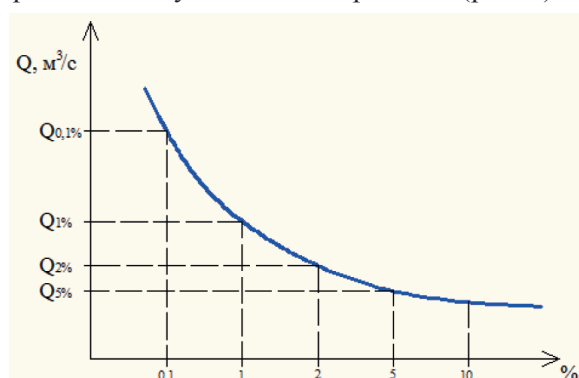


Рис. 7. Элемент кривой обеспеченности расхода

Этот незамкнутый участок кривой обеспеченности показывает, что каким бы обширным ни был объем статистических данных по режиму стока реки, невозможно предугадать максимально возможный паводок.

Для понимания возникновения запасов гребня плотины проанализируем прошлые издания строительных норм и правил (СНиП), содержащих рекомендации по назначению запасов отметки гребня. Рассмотрим СНиП 2.06.06-85 «Плотины бетонные и железобетонные» [13]. Согласно данному нормативному документу, превышение гребня рекомендуется назначать по схеме аналогичной описанной в СНиП 2.06.05-84 «Плотины из грунтовых материалов» [14]. Рекомендованная величина запаса возвышения гребня плотины «а», составляет: для плотин I класса 0,8 м; для II класса — 0,6 м; для III и IV классов — 0,4 м. Согласно СНиП 2.06.05-84 «Плотины из грунтовых материалов», отметку гребня плотины следует назначать на основе расчета возвышения его над расчетным уровнем воды. Возвышение гребня плотины надлежит определять для двух случаев стояния уровня воды в верхнем бьефе:

- а) при нормальном подпорном уровне (НПУ) или при более высоком уровне, соответствующем пропуску максимального паводка, входящего в основное сочетание нагрузок и воздействий;
- б) при форсированном подпорном уровне (ФПУ), при пропуске максимального паводка, относимого к особым сочетаниям нагрузок и воздействий.

Возвышение гребня плотины h_s , в обоих случаях определяется по формуле

$$h_s = \Delta h_{set} + h_{run} 1 \% + a, \quad (2)$$

где Δh_{set} — ветровой нагон воды в верхнем бьефе; $h_{run} 1 \%$ — высота наката ветровых волн обеспеченностью 1 %; a — запас возвышения гребня плотины.

Аналогичный алгоритм определения превышения отметки гребня рекомендован и в более ранней версии: СНиП II-2054-77 «Плотины бетонные и железобетонные» [15] отсылает к СНиП II-53-73 «Плотины из грунтовых материалов» [16]. Это связано с тем, что первые строительные нормы и правила предусматривали единые запасы, этого было достаточно, так как изначально гидроузлы создавались на равнинных реках, чьи берега и колебания расхода вне половодья колебались с малой амплитудой. Это привело к возникновению запаса на нагон волны. Однако эти запасы оказались недостаточными, когда началось строительство ГЭС в узких каньонах: Зейский, Бурейский, Саяно-Шушенский гидроузлы. Колебания уровней при заполнении и сработке водохранилища достигают десятков метров.

В современном СП 40.13330.2012 «Плотины бетонные и железобетонные» отсутствует запас по ветровому нагону, предписанный ранее, это связано с малым нагоном волны при больших глубинах водохранилища, а превышение гребня назначается, как и в предшествующих нормативных

документах, только исходя из класса сооружений и отметки форсированного подпорного уровня. Как уже было сказано, графики вероятности регистрации расчётного расхода во время эксплуатации ГТС (см. рис. 6) показывают неточность долгосрочного прогнозирования уровней. А кривая обеспеченности расхода также опирается только на статистический объём данных и не может отобразить максимальные паводки. Следовательно, рассчитываемый по данной кривой форсированный уровень не может быть единственным расчётным параметром для отметки гребня гидроузла.

Рассмотрим два водохранилища с одинаковыми отметками, относящихся к одному классу капитальности, но с разными кривыми ёмкости водохранилища (рис. 8).

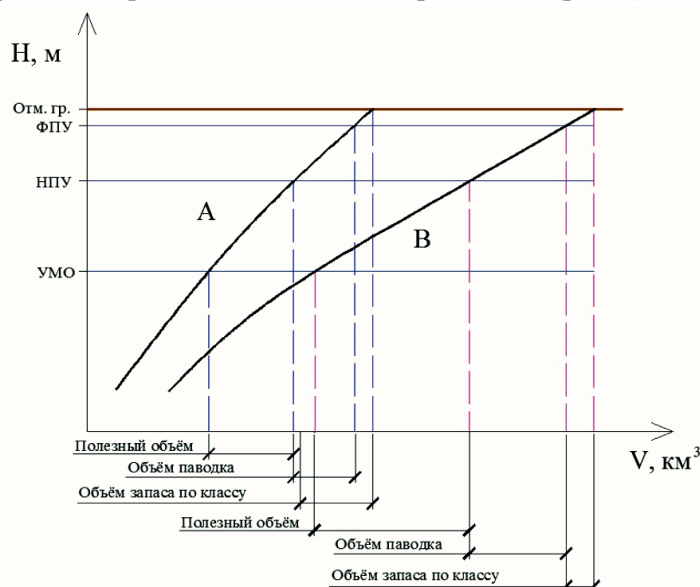


Рис. 8. Сравнение запасов водохранилищ одного класса

При одинаковых уровнях воды водохранилища А и В имеют различные полезные ёмкости, различные объёмы паводкового запаса и разные объёмы воды между ФПУ и отметкой гребня, несмотря на один и тот же запас по классу. Кривая ёмкости типа А соответствует водохранилищу в узком каньоне, какими являются, например, водохранилища Зеи, Буреи. Кривая ёмкости типа В соответствует водохранилищу с широкой площадью зеркала. Для водохранилищ типа А более опасен нерасчётный паводок, потому что их объём до гребня много меньше, чем у типа В.

Не менее важен также и тип гидрографа реки (рис. 9) [17]. Так, например, наиболее опасными, с точки зрения паводка, являются гидрографы Дальневосточного и Тянь-Шаньского типов. Поэтому для паводковой безопасности гидроузлов возможно добавить запас по паводку, который будет зависеть от типа водохранилища и типа гидрографа реки.

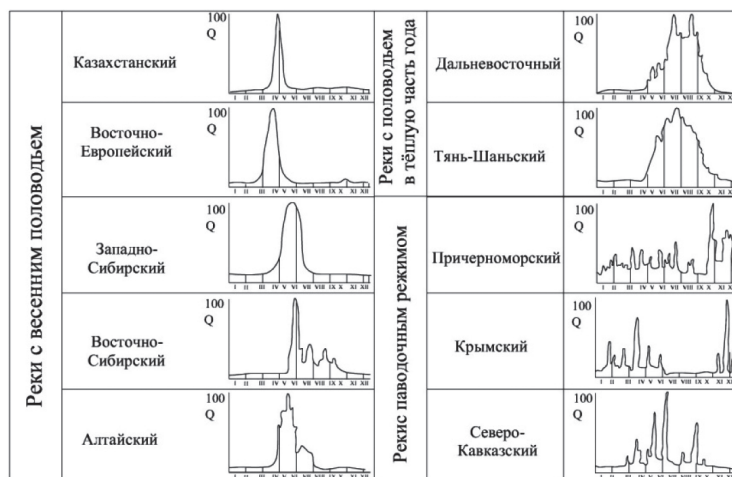


Рис. 9. Типы гидрографов рек постсоветского пространства

Рассмотрим данные некоторых водохранилищ разных районов Российской Федерации. Как показано на рис. 8, увеличение объема водохранилища при одном и том же превышении уровня зависит от типа водохранилища, а, следовательно, от его площади, поэтому рассмотрим полезный объем водохранилища (полезным является объем водохранилища между уровнем мёртвого объема и нормальным подпорным уровнем). Также рассмотрим площадь водохранилища при нормальном подпорном уровне. Возьмём за коэффициент K_1 отношение площади зеркала водохранилища к его объёму

$$K_1 = \frac{S_z}{V_w}, \quad (3)$$

где S_z — площадь водохранилища при нормальном подпорном уровне, км²; V_w — полезный объём водохранилища, км³ (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики некоторых водохранилищ России

Район	Водохранилище	Объём водохранилища, км ³		Площадь зеркала при НПУ, км ²	K_1
		полный	полезный		
Западно-Сибирский район	Новосибирское	8,80	4,40	1070,00	243
	Крапивинское	11,60	6,70	670,00	100
	Беловское	0,06	0,02	14,00	700
Восточно-Сибирский район	Красноярское	73,30	30,40	2000,00	66
	Хантайское	23,52	17,3	1561	90
	Иркутское	47,65	46,45	32966	710
	Братское	169,3	48,2	5470	113
	Усть-Илимское	59,4	2,77	1873	676
	Мамаканское	0,2	0,11	11	100
	Саянское	29,13	14,67	633	43
	Курейское	13,4	10,1	747	74
Дальневосточный район	Вилуйское	35,88	17,83	2170	122
	Зейское	68,42	32,12	2419	75
	Колымское	14,56	6,51	441	68
	Бурейское	22,5	11,5	800	70
Поволжский район	Куйбышевское	58	43,6	6450	148
	Саратовское	12,37	1,75	1831	1046
	Вологоградское	31,45	8,25	3117	378
Северо-Кавказский район	Цимлянское	23,86	11,54	2702	234
	Пролетарское	2,03	0,76	798	1050
	Веселовское	0,89	0,06	246	4100

Наиболее безопасными по паводку являются водохранилища с большим коэффициентом K_1 : Веселовское, Пролетарское (из малых); Саратовское, Куйбышевское, Иркутское, Новосибирское. Условно можно сказать, что при $K_1 > 100$ водохранилище более паводкобезопасное. Соответственно, водохранилища с $K_1 < 100$ более опасны с точки зрения паводка — Красноярское, Саянское, Зейское, Бурейское. Это подтверждается последними катастрофическими паводками.

Таким образом, можно предположить, что в нормативную документацию, регламентирующую запасы гребня плотины, нужно внести запасы по типу гидрографа реки и запас, зависящий от коэффициента K_1 .

Выводы

1. В последнее время наблюдается тренд увеличения количества сверхрасчётных паводков. Наблюдения за паводками на Дальнем Востоке показали, что гидроузлам становится всё труднее справляться с аномальными паводковыми расходами. Долгосрочный прогноз многолетних расходов воды даже при большом объёме данных остаётся неточным. Разные статистические модели дают разные вероятности наблюдения максимального расчётного расхода в течение срока эксплуатации ГТС.

2. Возможно, стоит пересмотреть раздел СП 40.13330.2012 «Плотины бетонные и железобетонные», посвящённый назначению запасов гребня плотины. На сегодняшний момент, как и предыдущих редакциях, запас гребня назначается от отметки форсированного уровня воды и запаса по классу сооружения. Многолетние прогнозы расходов остаются неточными, поэтому оставлять в качестве единственного расчётного параметра форсированный подпорный уровень небезопасно.

Запасы по классу сооружения не учитывают вид водохранилища, и гидрограф реки. Уровненный режим реки с весенним половодьем, реки с половодьем в тёплое время года, а также реки с паводочным режимом имеет различную паводковую опасность. Анализ отношения площади водохранилища к его полезному объёму показал, что водохранилища с отношением показателей более 100 менее паводкоопасны, а водохранилища с данным отношением менее 100 являются более опасными по паводку.

3. Предлагается дифференцировать запасы отметки гребня бетонных плотин, учитывая не только класс сооружения, но также тип гидрографа реки, и коэффициент K_1 .

4. Вопрос возможной корректировки СП 40.13330.2012 «Плотины бетонные и железобетонные» требует также обсуждения среди специалистов в области гидротехнического строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефименко А. И. Водосбросные сооружения Саяно-Шушенской ГЭС / А. И. Ефименко, Г. Л. Рубинштейн. — СПб: Изд-во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2008. — 509 с.
2. Лунаци М. Э. Затворы системы «Гидроплюс», как фактор повышения безопасности и экономичности гидроузлов / М. Э. Лунаци, Г. Ф. Онопченко, В. Б. Родионов // Безопасность энергетических сооружений. — 1998. — № 2–3. — С. 89–99.
3. Колосов М. А. Разработка конструкции водосброса для судоходных гидроузлов / М. А. Колосов, А. А. Коношенков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 3 (37). — С. 71–78.
4. Коношенков А. А. Разработка расчётной модели разрушения грунтовой перемычки в аварийном водосбросе / А. А. Коношенков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 4 (38). — С. 94–104.
5. Колосов М. А. Защита от дождевых паводков посредством устройства русловых порогов / М. А. Колосов, Н. В. Селезнёва // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 4 (38). — С. 85–94.
6. Арсеньев Г. С. Современные проблемы регулирования экстремальных паводков водохранилищами гидроэлектростанций / Г. С. Арсеньев // Ученые записки российского государственного гидрометеорологического университета. — 2009. — № 10. — С. 13–20.
7. Лапин Г. Г. Пропуск паводков 2006 и 2007 гг. через сооружения Зейского гидроузла / Г. Г. Лапин, А. Н. Жиркевич // Гидротехническое строительство. — 2008. — № 10. — С. 1–11.
8. Зейская ГЭС и Бурейская ГЭС в пропуске аномального паводка в Амурской области в 2013 году // Гидротехника. XXI век. — 2013. — № 3. — С. 12–17.

9. Гайдайчук Е. И. Анализ катастрофического наводнения в бассейне реки Амур / Е. И. Гайдайчук, А. М. Слободчиков, М. Н. Шевцов // Дальний восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. — 2013. — № 1. — С. 302–305.

10. Данилов-Данильян В. И. Экстраординарное наводнение в бассейне реки Амур / В. И. Данилов-Данильян, А. Н. Гельфан // Вестник Российской академии наук. — 2014. — Т. 84. — № 9. — С. 817. DOI: 10.7868/S0869587314090060.

11. Васильев О. Ф. Экстремальный дождевой паводок 2014 г. в бассейне Верхней Оби: условия формирования, прогнозирование и натурные наблюдения / О. Ф. Васильев, А. Т. Зиновьев, К. Б. Кошелев, А. В. Дьяченко, А. А. Коломейцев // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: труды Всерос. научн. конф. с междунар. участием: в 2 т. (25 – 29 авг. 2014 г., Барнаул). — Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2014. — С. 9–16.

12. СП 40.13330.2012. Плотины бетонные и железобетонные. — М.: ООО «Аналитик», 2012. — 66 с.

13. СНиП 2.06.06-85. Плотины бетонные и железобетонные. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 60 с.

14. СНиП 2.06.05-84. Плотины из грунтовых материалов. — М.: АПП ЦИТП, 1991. — 56 с.

15. СНиП 2054-77. Плотины бетонные и железобетонные. — М.: Стройиздат, 1978. — 44 с.

16. СНиП II-53-73. Плотины из грунтовых материалов. — М.: Стройиздат, 1974. — 30 с.

17. Авакян А. Б. Водохранилища гидроэлектростанций СССР / А. Б. Авакян, В. А. Шарапов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1977. — 398 с.

RESEARCH OF FLOOD SAFETY OF RESERVOIRS

The reason of this research is correcting of the regulatory documents that is connected with the calculation of concrete dam crest level allowance depending on the highest water level. In the present regulatory documents (40.13330.2012 Concrete and reinforced concrete dams) allowance calculations depend on hydraulic structure's grade. The main idea of the article is the differentiation the dam crest levels not only by grades but also by floods that are possible to accumulate and dump on these hydroelectric complexes. To substantiate this idea the article analyzes the largest floods that happened in the Russian Federation in recent years: the flood on r. Zeya in 2007, the flood on r. Amur in 2013, the flood on Upper Ob river-basin in 2014. The analysis of stocks of water-engineering systems is provided according to present regulatory documents. To understand the history of these allowances, outdated versions of regulatory documents and rules of designing concrete and reinforced concrete dams are regarded. Former Soviet Union rivers' hydrographs are observed. The ratio of the reservoir area to its volume is analyzed. It is proposed in addition to dam crest level allowance by it's grade to introduce an additional differentiated system of to dam crest level allowance, depending on the ratio of the reservoir area to its volume. The conclusion is made about the possibility of using such a system in the new edition of building norms and rules, as well as the need to discuss this matter with the other experts of hydraulic engineering.

Keywords: flood, reservoir, regulatory documents, dam crest level allowance.

REFERENCES

1. Efimenko, A. I., and G. L. Rubinshtejn. *Vodosbrosnye sooruzhenija Sajano-Shushenskoj GJeS*. SPb: «VNIIG im. B.E. Vedeneeva», 2008.

2. Lunaci, M. Je., G. F. Onipchenko, and V. B. Rodionov. “Zatvory sistemy «Gidropljus», kak faktor povyshenija bezopasnosti i jekonomichnosti gidrouzlov.” *Bezopasnost jenergeticheskikh sooruzhenij*. M.: OAO «NIIJeS», 1998. № 2–3. 89–99.

3. Kolosov, Mihail Aleksandrovich, and Aleksandr Alekseevich Konoshenkov. “Engineering spillway construction for navigable hydrosystem.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(37) (2016): 71–78.

4. Konoshenkov, Aleksandr Alekseevich. “Formulation of calculation model of ground cofferdams destruction in the emergency spillway.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(38) (2016): 94–104.

5. Kolosov, Mihail Aleksandrovich, and Natalija Valerevna Selezneva. “Rainfall floods protection by the channel rapid structure.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(38) (2016): 85–94.

6. Arsenyev, G. S. "Modern problems of the extreme flash floods regulation by the hydropower plant reservoirs." *Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University* 10 (2009): 13–20.
7. Lapin, G. G., and A. N. Zhirkevich. "Passage of the 2006 and 2007 spring floods through structures at the Zeya hydroproject." *Power Technology and Engineering* 42.6 (2008): 323–330. DOI: 10.1007/s10749-009-0063-x.
8. "Zejskaja GJeS i Burejskaja GJeS v propuske anomalnogo pavodka v Amurskoj oblasti v 2013 godu." *Gidrotehnika. XXI vek* 3 (2013): 12–17.
9. Gaydaychuk, E. I., A. M. Slobodchikov, and M. N. Schevtsov. "Analysis of major flooding in the Amur river basin." *Dalnij vostok: problemy razvitiya arhitekturno-stroitel'nogo kompleksa* 1 (2013): 302–305.
10. Danilov-Danil'yan, V. I., and A. N. Gel'fan. "On the rostrum of the RAS presidium." *Herald of the Russian Academy of Sciences* 84.5 (2014): 335–343. DOI: 10.1134/S1019331614050013.
11. Vasilev, O. F., A. T. Zinovev, K. B. Koshelev, A. V. Djachenko, and A. A. Kolomejcev. "Jekstremal'nyj dozhdevoj pavodok 2014 g. v bassejne Verhnej Obi: uslovija formirovaniya, prognozirovanie i naturnye nabljudeniya." *Vodnye i ekologicheskie problemy Sibiri i Centralnoj Azii. T.1: tr. Vseros. nauchn. konf. s mezhdunarodn. Uchastiem: v 2 t. (25-29 avg. 2014 g., Barnaul.)*. Barnaul: IVJeP SO RAN, 2014: 9–16.
12. Russian Federation. Set of rules. 40.13330.2012. Plotiny betonnye i zhelezobetonnye. M.: ООО «Analitik», 2012.
13. USSR. Sanitary standards and rules. 2.06.06-85. Plotiny betonnye i zhelezobetonnye. M.: CITP Gosstroja SSSR, 1986.
14. USSR. Sanitary standards and rules. 2.06.05-84. Plotiny iz gruntovyh materialov. M.: APP CITP, 1991.
15. USSR. Sanitary standards and rules. 2054-77. Plotiny betonnye i zhelezobetonnye. M.: Strojizdat, 1978.
16. USSR. Sanitary standards and rules. II-53-73. Plotiny iz gruntovyh materialov. M.: Strojizdat, 1974.
17. Avakjan, A. B., and V. A. Sharapov. *Vodohranilishha gidrojelektrostantsij SSSR*. 3d ed. M.: Jenergija, 1977.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Коношенков Александр Алексеевич — аспирант.
Научный руководитель:
Колосов Михаил Александрович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
a.konoshenkov@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Konoshenkov Aleksandr Alekseevich — postgraduate.
Supervisor:
Kolosov Mihail Aleksandrovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
a.konoshenkov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 23 августа 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-128-133
УДК 626

Я. С. Смирнов-Туманов,
Н. М. Панченко

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМБИНИРОВАННОЙ ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ

Статья посвящена описанию процесса создания лабораторной установки — прибора Дарси. Данный прибор необходим для того, чтобы получить возможность проведения более детальных исследований в области изучения фильтрационных свойств комбинированной щебеночно-песчаной смеси. Изучение фильтрационных свойств смеси, которая представляет собой не единую субстанцию, а состоит из комбинации двух различных смесей, представляет особый интерес, так как лабораторные испытания по выяснению коэффициента фильтрации такой смеси ранее не проводились. Результаты эксперимента, т. е. вычисление коэффициента фильтрации комбинированной щебеночно-песчаной смеси дает возможность практического их применения при проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции