



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

"РОЛЬ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ "

(МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ)

Москва 2006

УДК 556.048

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРАВИЛ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ КОМПЛЕКСНЫХ ГИДРОУЗЛОВ

*Л.Д. Раткович – к.т.н., доцент; П.А. Русакова – аспирант
ФГОУ ВПО «Московский государственный университет природообустройства»,
г. Москва, Россия*

Актуальность и направление исследований

Эффективность работы водохранилища определяется степенью использования стока при условии безопасности основных сооружений гидроузла и объектов хозяйственной деятельности в зоне их влияния. Соответственно стратегия управления складывается из режима сработки и наполнения регулирующей емкости, обеспечивающей проектное водопотребление с наименьшими холостыми сбросами в сочетании с заблаговременным опорожнением перед многоводными периодами. Однако точно реализовать этот режим невозможно из-за несовершенства гидрологического прогноза и незначительной длительности цикла регулирования стока. Прохождение высоких вод через гидроузел самостоятельная проблема, требующая отдельного рассмотрения [2, 3].

Для решения вышеназванных проблем разрабатываются «Правила управления», отступление от которых в форс мажорных обстоятельствах регламентировано самими «Правилами ...». В тех случаях, когда «Правила» нарушаются, срывается многолетний режим регулирования стока. В частности, возникают сложности с наполнением емкости до уровня проектной отметки, гарантирующей нормальную эксплуатацию. Возникают недопустимые дефициты водоподачи, проявляются проблемы распределения располагаемых водных ресурсов между участниками водохозяйственного комплекса, а в ряде случаев - между субъектами вододеления. Так, в середине прошлого столетия по причине непредусмотренных «Правилами ...» высоких энергетических пусков и, отчасти, из-за «не угаданных» пусков для обводнения плодородной поймы Иртыша, Бухтарминское водохранилище было сработано существенно ниже уровня мертвого объема. Последствия очевидны, поскольку это водохранилище (полезный объем более 30 км³) запроектировано для глубокого многолетнего компенсированного регулирования Иртышского стока от створа БГЭС до Омска.

Правила управления многих водохранилищ России разработаны более 50 лет назад. За это время изменился режим и объем водопотребления, устарели критерии удовлетворения требований к воде, вырос приоритет экологических проблем, появились возможности для исследования функционирования водохозяйственных систем с использованием компьютерных технологий.

Предпринятые доработки и уточнения «Правил использования водных ресурсов водохранилищ» не решают в полной мере накопившиеся проблемы, по существу требуется разработка новых проектов. Сейчас такие работы ведутся применительно к

десяткам крупных гидроузлов, поэтому *особую актуальность приобретают вопросы методологии составления «Правил использования водных ресурсов» и методики управления водными ресурсами в процессе регулирования стока.*

Традиционно методика водохозяйственных расчетов предусматривает два этапа обоснования – проектный и эксплуатационный. Для проектного случая определяются параметры водохранилищных гидроузлов. Для условий эксплуатации (причем как нормальной, так и пускового периода) разрабатываются диспетчерские графики [5]. Следует отметить, что при анализе эксплуатационного варианта возможно уточнение параметров гидроузла и (или) расчетных показателей вектора водоотдачи. Диспетчерские правила, представляют собой сочетание правил обеспечения гарантированных требований, своевременного опорожнения емкости водохранилища для аккумуляирования паводка и использования избыточных стоков. Это позволяет определить отдачу из водохранилища в конкретных гидрологических условиях, где существенную роль играет прогноз предстоящего периода года (водохранилища ВКК, Цимлянский гидроузел).

Существующая методология управления водохранилищными гидроузлами

Влияние водохранилища на водный режим реки и, соответственно, на окружающую природную среду тем значительней, чем больше его абсолютный и относительный (по сравнению со средним многолетним стоком реки) полезный объем. Безопасность подпорных сооружений гидроузла, населения и хозяйственных объектов, расположенных в долине реки ниже по течению, надежность функционирования электроэнергетического объекта в значительной мере определяются режимом использования водных ресурсов водохранилища.

Параметры и режим работы гидроузла и водохранилища в общих чертах устанавливаются при разработке проекта электроэнергетической установки. Согласно «Положению по эксплуатации водохранилищ объемом более 10 млн. м³» /МПР России, – М., 1999/ к моменту сдачи объекта в промышленную эксплуатацию должны быть разработаны и утверждены «Правила использования водных ресурсов водохранилища», в которых подробно регламентируется режим работы гидроузла.

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации использование и охрана водных ресурсов водохранилищ осуществляется в соответствии с требованиями, согласованными с заинтересованными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, со специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, государственным органом санитарно-эпидемиологического надзора, государственным органом управления использованием и охраной рыбных ресурсов и другими заинтересованными органами управления.

Основным документом, регламентирующим режим наполнения и сработки водохранилищ, порядок пропуска половодий и паводков, размеры попусков в нижний бьеф гидроузла, являются «Правила использования водных ресурсов водохранилищ» (далее «Правила»). «Правила» подлежат пересмотру по мере накопления опыта эксплуатации, изменения водохозяйственной обстановки, экологических требований к режиму использования стока, но не реже, чем один раз в 10-12 лет. Как разработка, так и пересмотр «Правил» требуют выполнения значительного объема специальных расчетов, от качества и достоверности результатов которых зависит эффективность и безопасность функционирования объекта.

Для составления «Правил» на заключительном этапе проектирования или перед сдачей гидроузла в промышленную эксплуатацию, как правило, достаточно исходных данных, содержащихся в проектных материалах. На более поздних этапах разработки «Правил» исходная информация должна быть дополнена и/или уточнена.

Основным документом, регламентирующим принципы и методы управления стоком рек с максимально возможным учетом интересов водопользователей и безопасности подпорных сооружений гидроузла, населения и хозяйства в его нижнем бьефе, в настоящее время являются «Основные правила или Основные положения правил

использования водных ресурсов» водохранилищ. Вновь составляемые или пересматриваемые документы именуются «Правила использования водных ресурсов».

История разработки и применения «Правил» насчитывает около четырех десятилетий. В конце 1950-х гг. было разработано, а в 1961 г. – утверждено «Положение о порядке использования водных ресурсов водохранилищ РСФСР (Госводхоз РСФСР. РВ-1-61). В нем указывалось, что «руководящим документом по использованию водных ресурсов водохранилищ в нормальных эксплуатационных условиях должны быть «Основные положения правил использования водных ресурсов» конкретного водохранилища. В 1960-е гг. были разработаны «Основные положения правил» десятков водохранилищ, в том числе крупнейших: Волжско-Камского и Ангаро-Енисейского каскадов гидроузлов, Цимлянского гидроузла на р. Дон и других. Из последних документов основным являются методические указания по разработке «Правил использования водных ресурсов водохранилищ ГЭС» [2].

Особенности учета отраслевых требований в «Правилах использования водных ресурсов водохранилищ»

При многоцелевом использовании водохранилищ удовлетворение в полном объеме требований всех компонентов и отраслей хозяйства во все годы практически невозможно. Поэтому режим использования водных ресурсов представляет собой, как правило, компромиссные решения, при которых неизбежны ущемления в тех или иных размерах интересов всех или части компонентов водохозяйственной системы (ВХС) для достижения максимального эффекта в целом [1, 4]. Наиболее сложно согласовать интересы компонентов ВХС при эксплуатации каскадов гидроузлов.

Ввиду ограниченности водных ресурсов в маловодные годы, недостаточности полезного объема водохранилища и противоречивости требований отдельных отраслей хозяйства и компонентов ВХС рекомендации «Правил» обычно учитывают требования отраслей не полностью. В «Правилах» следует приводить только ту часть отраслевых или экологических требований, которая может быть удовлетворена с той или иной степенью надежности (обеспеченности). Раздел, в котором анализируются заявленные и удовлетворенные заявки на воду всех потребителей, их требования к режиму использования водных ресурсов водохранилищ, целесообразно включать в пояснительную записку к проекту «Правил».

Экологические требования и их учет в «Правилах использования водных ресурсов водохранилищ»

Воздействие водохранилищ гидроузлов электростанций на окружающую среду в процессе эксплуатации в значительной степени определяется режимом использования водных ресурсов. Необходимость поддержания в удовлетворительном санитарном состоянии воды в реке зачастую противоречит оптимальному использованию водных ресурсов в интересах других компонентов. Например, принятый в проекте режим использования водных ресурсов Камского водохранилища на р. Каме и Куйбышевского водохранилища на р. Волге в межень является оптимальным для гидроэнергетики. Однако он в настоящее время изменен с целью обеспечения постоянных в течение суток санитарных попусков в нижние бьефы гидроузлов, при отсутствии которых под действием вызванных ветром противотечений в водозаборные сооружения попадали сточные воды нижележащих населенных мест и промышленных предприятий.

В целях предотвращения истощения водных ресурсов и деградации водных экосистем предельно допустимый объем ежегодного безвозвратного изъятия воды из водохранилища (в сумме с потерями воды на дополнительное испарение) не должен превышать (10 – 20) % от среднесногодового годового стока реки в створе гидроузла.

Во избежание негативных явлений, обусловленных зимней сработкой водохранилища, следует ограничить для верхних слоев водохранилища (до 5 м) скорость сработки до 0,3 м/сут. Более глубокие слои должны срабатываться со скоростью не более 1 м в сутки.

При пропуске половодья (или паводка) через створ сооружений с форсировкой уровня воды водохранилища над НПУ образуется зона временного затопления. При этом необходимо учитывать, что согласно СНиП 2.07.01-89, застроенные жилыми и общественными зданиями территории должны иметь отметки не менее чем на 0,5 м выше наивысшего уровня воды повторяемостью один раз в 100 лет (обеспеченность 1 %). Регулирование уровней воды в водохранилище и в нижнем бьефе гидроузла при пропуске половодий и паводков вероятностью превышения 1 % и более должно проводиться из условий незатопления территорий жилых застроек. Пропуск через гидроузел половодий и паводков вероятностью превышения менее 1 % должен рассматриваться как чрезвычайная ситуация и осуществляться при эвакуации людей из зон временного затопления. Зоной временного затопления в верхнем бьефе для сельскохозяйственных и лесных угодий считается территория между НПУ и уровнем воды, на 0,5 м превышающем уровень воды в половодье (паводок) вероятностью превышения 5 %.

Основные экологические требования по нижнему бьефу гидроузла сводятся к обеспечению расходов воды, гарантирующих бесперебойную работу питьевых водозаборов, благоприятные условия для культурно-бытового водопользования населения и сохранность биоценозов.

Размеры санитарных попусков регламентируются рядом документов различных ведомств, требования которых не всегда совпадают. Одни документы требуют, чтобы минимальный санитарный попуск был не менее минимального среднесуточного расхода воды в реке при бытовом гидрологическом режиме летней и зимней межени года 95%-й обеспеченности, другие – чтобы минимальный расход воды зарегулированных рек соответствовал установленному гарантированному расходу воды в нижнем бьефе гидроузла с обеспечением кратности разбавления сточных вод в контрольном створе водопользования до нормативов, установленных для данного водного объекта. Ведомственный документ МПР России «Временные методические рекомендации по установлению минимально допустимых расходов воды в реках для оценки возможных изъятий водных ресурсов», №НМ-53/163.1997 г. выдвигает аналогичные требования к минимально допустимым расходам воды в реках. Кроме того, указанный документ требует, чтобы для обеспечения промывки и обводнения поймы в весенний период в нижний бьеф гидроузла поступало не менее 20% объема стока половодья года 75-95%-й обеспеченности.

Проблема определения противопаводковой роли проектируемых и существующих водохранилищ РФ и необходимость ее специального рассмотрения при разработке или пересмотре «Правил» связана как со значительными ущербами от наводнений, особенно в нижних бьефах крупных гидроузлов, так и с вынужденным отклонением от проектного режима работы отдельных гидроузлов и их каскадов.

В нижних бьефах некоторых крупных гидроузлов велись (и продолжают) интенсивное освоение и застройка пойменных земель, которые в естественных (до постройки плотин) условиях затоплялись каждые 3-5 лет. Для предотвращения затопления этих территорий в относительно невысокие половодья приходится резко снижать сбросные расходы воды путем форсировки уровня водохранилищ сверх НПУ, что согласно проектам гидроузлов 1 и 2-го классов и правилам использования водных ресурсов их водохранилищ допускается лишь в экстремальные половодья (повторяемостью один раз в 1000 и 10000 лет).

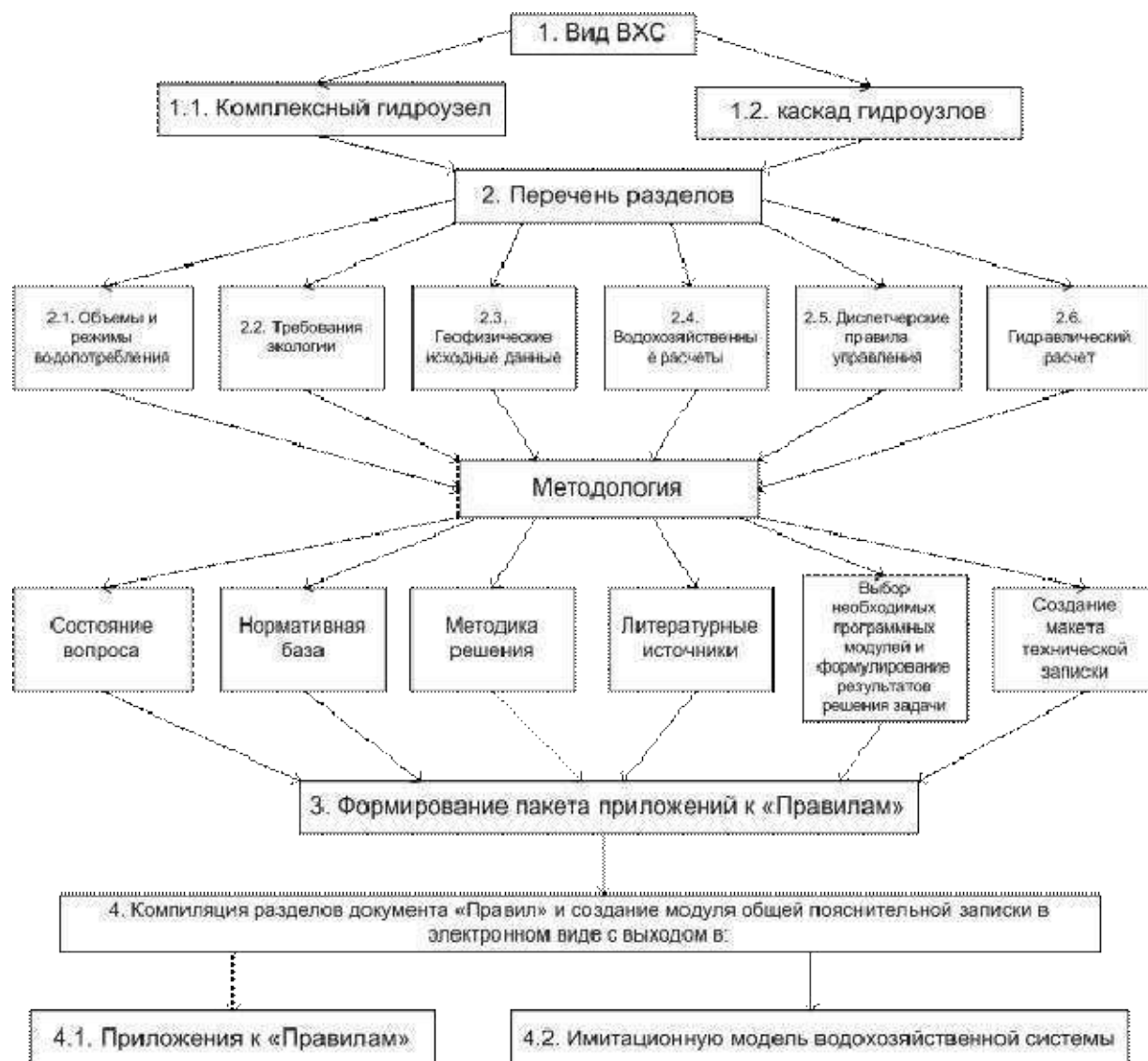
Методология разработки «правил использования водных ресурсов»

Разработка правил управления крупными водохранилищными гидроузлами – это сложная многофакторная проблема, которая решается при участии специалистов разного профиля. Опыт российской водохозяйственной школы нашел отражение в многочисленных монографиях и проектных документах [1, 5], однако в ряде случаев нет должного обобщения и требуются дополнительные методические разработки. Широкие

возможности для развития методической базы связаны с дальнейшим внедрением компьютерных технологий.

Далее представлена попытка систематизации методических подходов к построению системы «Правил» в виде проекта электронного редактора. Под электронным редактором понимается программная оболочка для разработки «Правил», включающая функциональные, информационные и управляющие блоки. Блок-схема редактора представлена на рис.1.

Блок-схема электронного редактора правил управления водными ресурсами водохранилищ



Такой документ может оказать серьезную помощь при составлении (либо корректировке) «Правил ...», поскольку он содержит саму последовательность позиций, данные о задачах каждого раздела, освещает состояние рассматриваемого вопроса, нормативную базу, методику решения, литературные источники. Редактор создается для облегчения задач, решаемых составителями «Правил», регламентации формы и содержания этого документа. Он должен учитывать как многолетний опыт составления и использования «Правил» для водохранилищ энергетического и комплексного назначения, так и современные положения Российского водного законодательства.

Представляемый материал является первым шагом в решении проблемы, являясь по существу постановкой задачи. Необходима компьютерное обеспечение, то есть создание

электронной оболочки и насыщение информационной базы редактора. Существенным преимуществом редактора является возможность его постоянного расширения как в части решаемых задач, так и в плане методики их решения.

Диспетчерские правила регулирования стока водохранилищами

Позиция 4.2 на блок – схеме касается имитационной водохозяйственной модели, которая является основой как для проектирования мероприятий, так и для эксплуатационных условий. В свою очередь, основу модели составляют правила управления. Ядром правил являются диспетчерские графики. Крупные водохранилища страны работают, опираясь на диспетчерские графики.

Диспетчерские правила являются средством обеспечения оптимального использования водных ресурсов, позволяя в каждый момент времени, назначать отдачу гидроузла или каскада гидроузлов в зависимости от некоторого параметра, или набора параметров управления. Методика построения диспетчерских графиков изложена в специальной литературе, начиная с трудов С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля [1,5]. При этом регламентируется распределение воды между потребителями, а в ряде случаев между отдельными водохранилищами водохозяйственной системы. Диспетчерские графики позволяют полностью управлять использованием водных ресурсов водохранилищ изолированных гидроузлов. Для каскадов и их объединений диспетчерские графики дополняются системой диспетчерских правил, регламентирующих очередность использования водных ресурсов водохранилищ различных ступеней (как это сделано в Москворецкой водной системе, ведущей компенсированное многолетнее регулирование стока к створу Рублевского гидроузла). Диспетчерские правила регулирования стока устанавливают в зависимости от наличия запасов воды в водохранилище, прогноза притока и фазы гидрологического цикла, энергоотдачи ГЭС, водоотдачи всем пользователям и санитарно-экологическим попускам в нижние бьефы гидроузлов. Для условий нормальной эксплуатации необходимы два графика: основной и вспомогательный. Основной определяет нормальную и пониженную гарантированную отдачу, а вспомогательный касается технологии назначения высоких попусков для поддержания экологического статуса водотока и обеспечения рыбохозяйственных попусков. В имеющейся литературе к сожалению нет описания методики построения вспомогательных графиков – в реальных проектах они задаются обычно в виде таблиц зависимости объема попуска от прогноза половодья и наполнения на начало половодья.

Алгоритм построения вспомогательных диспетчерских графиков

Для формирования функции управления при назначения попусков разного уровня обеспеченности рассуждаем следующим образом. Пусть Pr – прогноз половодья с обеспеченностью P . При высокой корреляции между годовым стоком Gr и стоком половодья Pr можно воспользоваться уравнением регрессии

$$G_p = \overline{G_p} + r_{pr} \frac{\sigma_r}{\sigma_p} (Pr - \overline{Pr}) \quad (1)$$

При гарантированной отраслевой отдаче A (с учетом санитарного попуска) свободный объем для аккумуляции и выполнения высоких попусков составит примерно $(G_p - A)$ за год в предположении, что сток межени не превышает требований этого периода. Назначаемый объем попуска принимается как функция двух переменных – обеспеченности паводка и наполнения на начало водохозяйственного года. Графическая интерпретация данного методического подхода представлена на рис. 2.

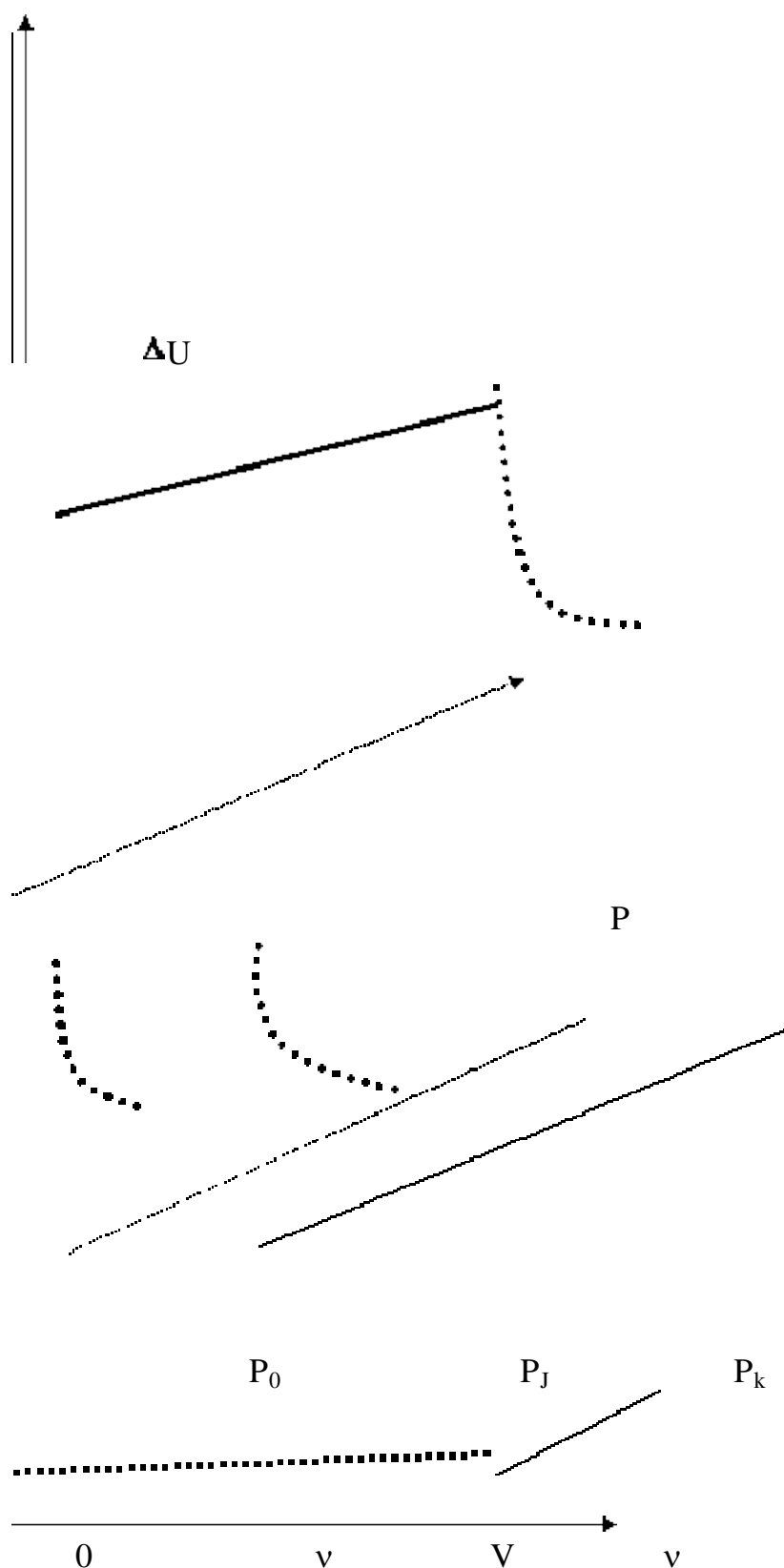


Рис.2 Функция превышения расчетного попуска ΔU

Возможный попуск при пустом водохранилище составит сверх гарантированного величину $(\Gamma_p - A - a_p V)$, при пустом водохранилище на начало половодья и $(\Gamma_p - A)$ при полном. Смысл первого выражения в том, что резерв для попуска (соответственно и объем аккумуляции) принимается как функция от обеспеченности, где a_p – доля емкости,

аккумулируемая паводком, как функция обеспеченности; $P(v) = (P_0, P_v, P_k)$ – прогнозируемая обеспеченность половодья; P_0 – крайняя обеспеченность при пустом водохранилище на начало половодья; P_v – крайняя обеспеченность при фактическом наполнении v на начало половодья; P_k – крайняя обеспеченность при полном водохранилище на начало половодья; V – полезный объем водохранилища.

Функция краевой обеспеченности при линейном переходе определится формулой:

$$P_v = P_0 + \frac{v}{V} \cdot (P_k - P_0) \quad (2).$$

Величина попуска при нулевом наполнении изменяется от 0 при обеспеченности паводка с объемом, равным A (когда в водохранилище ничего не аккумулируется) до максимально обозначенного пользователем P_{max} . Соответственно, $= 0$ при $P = P_0$, а $= 1$ когда $G_p - A = V$, то есть при некотором P_k . При значениях обеспеченности выше $P > P_v$ высокие попуски не назначаются, при $P < P_k$ назначается попуск $G_p - A - a_p \cdot V$. Варьируя начальным и конечным значениями граничных обеспеченностей и видом функции (с отходом от линейной зависимости), можно в режиме имитации подобрать рациональный режим, который решал бы, с одной стороны, вопрос водообеспеченности, с другой – в наименьшей степени отличался от естественного стока. Критерием для выбора функции превышения попуска (функции управления) принимаем в данной постановке сумму модулей относительных среднеквадратических отклонений естественного и проектного стока. Значения P_0 и P_k несложно определить, имея кривую обеспеченности объемов половодий и зная величину гарантированной отдачи A .

Рассмотренная методика использована при разработке версии правил управления Цимлянским водохранилищем на р. Дон, где функция управления задавалась в виде степенной

$$\Delta U = G_p - A - [1 - (\frac{v}{V})^n] \cdot V \quad (3).$$

Библиографический список

1. Воропаев Г.В., Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Развитие водохозяйственных систем. Методы анализа и оценка эффективности их функционирования. – М.: Наука, 1989. 295 с.
2. Методические указания по разработке правил использования водных ресурсов водохранилищ ГЭС. – М.: Изд-во МинЭнерго, 2000.
3. Раткович Д.Я., Раткович Л.Д. Типы наводнений и пути сокращения наносимых ими ущербов. //Водные ресурсы. 2000. Т. 27. № 3. С. 261-266.
4. Раткович Л.Д., Соколова С.А. Методические основы водохозяйственных расчетов при проектировании водохозяйственных систем. Учебное пособие. – М.: МГУП, 2002.
5. Резниковский А.Ш., Рубинштейн М.И. Диспетчерские правила управления режимами водохранилищ. – М.: Энергоатомиздат, 1984. 105 с.

http://www.msuee.ru/science/1/sb-06.files/2_33_sb_06.html