

Андреас Шуман и Ева Лехтгалер

Снижение риска возникновения паводков с помощью плотин: проблемы и решения

Управление водохранилищем в условиях паводка определяется двумя аспектами: с одной стороны, объемом, необходимым для аккумуляции паводка в водохранилище, который является частью плана управления водохранилищем, с другой стороны, эксплуатацией водохранилища в период паводков. Принимая во внимание эти особенности, ученые предоставляют новые решения: сезонные изменения объема водохранилища, основанные на более точных сезонных анализах вероятности прохождения паводков. Эксплуатация водохранилищ в паводок может быть оптимизирована в реальном времени на основании прогнозов.

1 Введение

Защитная функция плотины в паводок зависит от ряда различных факторов. К ним относятся в первую очередь: гидрологические условия, технические данные, общие задачи гидростанций и регулирования сброса. Плотины как элементы защитной защиты от паводков должны так влиять на сток воды, чтобы предотвратить или, как ми-

нимум, уменьшить разрушительные последствия паводка.

Важными аспектами, на которые необходимо обратить внимание, являются:

- долгосрочная разработка плана водохозяйственной деятельности, которая обуславливает деление подпертого уровня, при этом принимается во внимание его многоразовое использование и размер природного

бассейна для аккумуляции паводка,

- режим эксплуатации с оптимизацией защитной функции плотины путем ее равномерной и предварительной разгрузки.

Возможности и ограничения функционирования определяются в данном случае прогнозированием паводка.

Оба аспекта будут рассмотрены далее на конкретных примерах.

2 Сооружение природного водохранилища для аккумуляции паводка

Поскольку паводки как природные явления возникают с определенной периодичностью, проектирование защитных сооружений нужно начинать с определения уровня защиты, который будет обеспечиваться плотиной. Согласно DIN 19700 части 11 [1] природное водохранилище для аккумуляции паводка нужно проектировать в зависимости от желаемой степени защиты при его использовании, например, в зависимости от показателей VHQ_3 (шкала уровней обеспеченности). Но в паводок, когда показатели выше, чем VHQ_3 , защитная функция плотины не гарантирована полностью.

По экономическим расчетам вероятность ошибки, как правило, находится в пределах градации от 10^{-2}

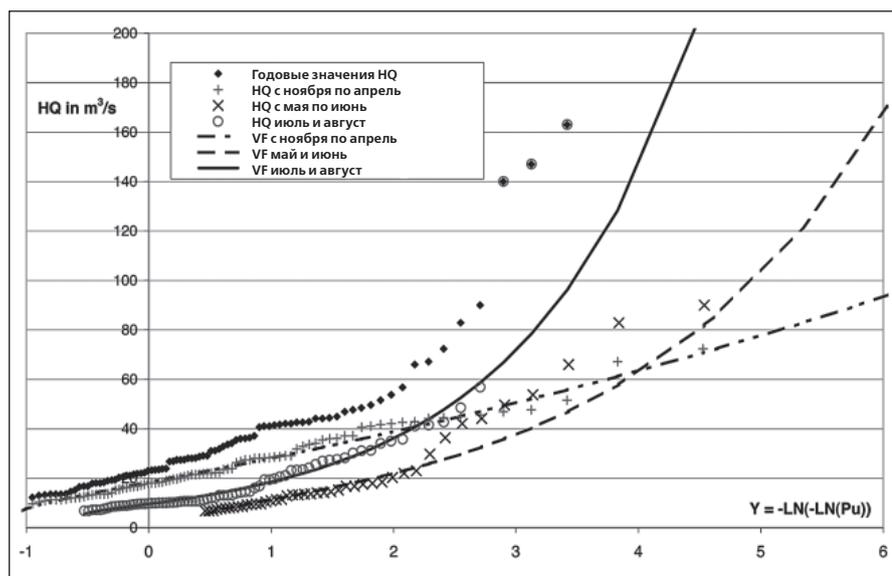


Рис. 1: Сезонное изменение стока в паводки у г. Мюглиц (с 1912 до 2003 гг.)

($T = 100$ лет). Принимая во внимание тот факт, что временной период для ВН_Q включает в себя 100 лет, вероятность превышения данной отметки в среднем составляет 0,634. В редкие периоды паводка (как минимум один раз в 100 лет проходит паводок, превышающий отметку с вероятностью 0,39 и 0,18) водохранилище бывает переполнено.

Существенные проблемы при работе водохранилищ возникают тогда, когда объем сточных вод превышает полезный объем водохранилища. Защитная функция в таком случае снижается обратно пропорционально масштабу паводка. Но при периодически повторяющихся повышениях уровня воды защитная функция, наоборот, возрастает.

Плотины помимо защиты от паводков выполняют и другие функции, такие как, например, обеспечение питьевой и хозяйственной водой, использование гидроэнергии, повышение уровня воды в водоемах, рекреационная и экологическая (природоохранная) функции. Плотины требуют по возможности полного заполнения хранилищ, в то время как для эффективной защиты от паводков водохранилищу лучше бы быть пустым. В рамках управления хозяйством необходимо найти приемлемое для обоих случаев условие. Нередко выбирают сезонно варьируемое деление водохранилища, которое предусматривает большие объемы для аккумуляции паводков в те месяцы, когда они чаще всего наблюдаются. В месяцы, когда риск возникновения паводков минимален, большинство водохранилищ используется в других хозяйственных целях. Такое использование водохранилища требует проведения сезонного анализа паводкового режима. В водосборных бассейнах среднегорья наблюдаются 2 типа паводков: паводки талых вод в весеннее время и паводки, возникающие в результате обильных ливней в летнее время. Если рассматривать сезонную частоту возникновения паводков, то наибольшее их количество наблюдается весной. Возникновение

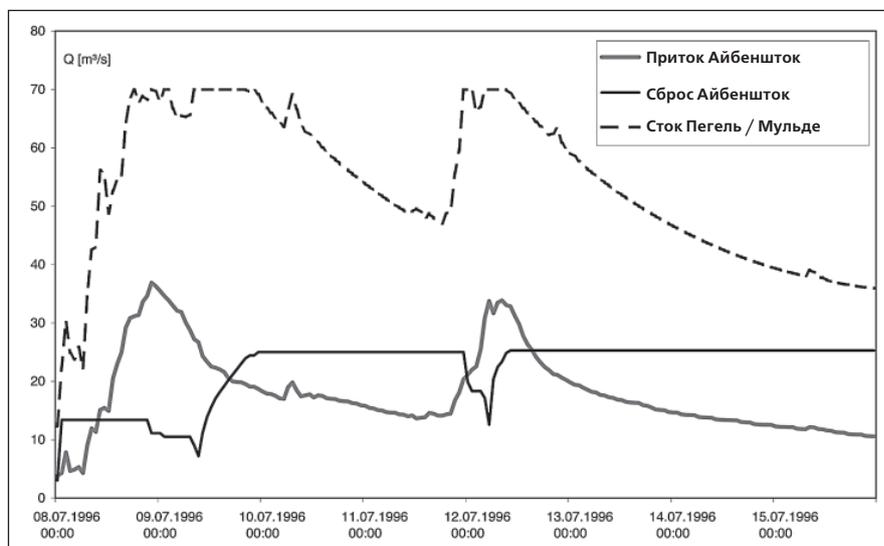


Рис. 2: График оптимизации уровня воды в паводок на плотине Айбеншток в июле 1996

высокой и низкой воды напрямую зависит от сезона.

В качестве примера этому могут служить научные наблюдения (показатели футштока) в определенном временном периоде у г. Мюглица на востоке рудных гор. Две трети годового стока паводковых вод в 1912–2003 гг. возникали в период с ноября по апрель (25% — в ноябре — январе, 40% — в феврале — апреле). Увеличение водохранилища в гидрологическое зимнее время неоправданно, если принимать во внимание сезонную разницу движения вод (рис. 1). Ежегодно в течение

10 лет ($Y = 2,25$) уровень паводков в зимнее время был выше, чем в летнее. Летние паводки повторялись реже. Экстремальные паводки контролировались гидрометеорологической службой. Таким образом, основываясь на показателях ВН_Q, было бы возможным сезонно изменять объем водохранилища. В случае возникновения паводка надо бы летом увеличить объем водохранилища (с мая по апрель), но в таком случае это нанесло бы ущерб водохранилищу осенью при низком уровне воды. Данный пример указывает на необходимость детального анализа

Minderung des Hochwasserrisikos durch Talsperren – Probleme und Lösungsansätze

Die Hochwasserschutzfunktion einer Talsperre wird einerseits durch die Festlegung des gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraums, andererseits durch die Steuerung der Abgaben bei Hochwasser bestimmt. In diesem Beitrag werden fuer beide Bereiche neue Ansätze dargestellt: Eine verbesserte saisonale Analyse der Hochwasserwahrscheinlichkeiten als Grundlage einer saisonal veränderten Stauraumaufteilung und die operationell nutzbare Optimierung der Hochwasserschutzfunktion auf der Grundlage von Vorhersagen.

Flood Risk Reduction by Reservoirs – Problems and Solutions

Flood management by reservoirs is mainly affected by two different aspects: by the flood storage capacity which has to be decided as part of the management planning and by operation of the reservoir during flood events. New approaches for both aspects are presented here. For a seasonal differentiated allocation of flood storage capacities a new seasonal differentiated flood statistics is proposed. The operation of reservoirs during floods could be improved by real-time optimisations based on flood forecasts. Ensemble forecasts could be used to consider forecast uncertainties.

движения стоков во время паводка для оптимизации защитной функции в период половодья.

3 Управление работой плотин с учетом метеорологических прогнозов

Метеорологические прогнозы помогают оптимизировать работу водохранилищ и снизить ущерб от паводка. Возможности метеорологических станций исследуются сегодня в научном проекте «Управление паводками в бассейне реки Мульде» при поддержке Федерального министерства образования, науки и исследований. Для оптимизации равномерной и предварительной разгрузки плотины на основе прогнозов притока атмосферных вод должны одновременно приниматься во внимание многие факторы риска в нижнем бьефе, водостоки с прилегающих районов, технические ограничения работы плотины. Принимая во внимание необходимое для анализа и расчетов время, смешанное целочисленно, линейное программирование (Mixed Integer Linear Programming) может быть использовано для улучшения работы плотины. При

данном виде программирования нелинейные и выпуклые критерии оптимальности или ограничения нужно линеаризировать с помощью целочисленных двоичных переменных [3], [4].

В проекте учитывается приток воды к плотине и к отдельным участкам водного потока в нижнем бьефе. Приток воды к плотине рассчитывается на основании прогноза метеорологических осадков гидрографом по осадкам и стокам. Во внимание принимаются также и изменения пропорций сточных вод в нижнем бьефе (как результат управления работой плотины) с помощью модели отвода стока и перекрытия водосброса и соответствующих водоотводов. Наряду с соблюдением регулярности оттоков в нижнем бьефе, присутствуют и дополнительные функции, например, максимально быстрый сброс воды из природного бассейна. В качестве критерия оптимальности, который необходимо минимизировать, рассматривается сумма превышений максимально допустимого стока. Расход водосброса должен по возможности не варьироваться (должна достигаться численная стабильность), а разгрузка

плотины — минимизироваться. Специфичные для различных отрезков времени ограничения и числовые значения критериев оптимальности составляют в итоге систему уравнений и неравенств, которая идеально подходит для любых отрезков времени. На рис. 2 в качестве примера представлен график оптимизации уровня воды в паводок на плотине Айбеншток (г. Цвиккау на р. Мульде) в Саксонии в июле 1996 г. В данном случае использовали 2 числовые величины: показатели водосброса и стока в пойме. Максимальный расход водосброса составляет не более 25 м³/с, а сток в пойме по указателю уровня воды (ок. 17 км вниз по течению, площадь водосбора увеличивается в три раза) должен быть не более 70 м³/с. Важно решить, как с помощью точных метеорологических прогнозов сохранить две данные величины неизменными. Так как прогнозы метеорологических осадков не всегда являются достоверными, информационные данные об осадках и атмосферных стоках предоставляет сеть наблюдательных станций. На рис. 3 изображена амплитуда и среднее значение расходов на основе прогнозов от 10 августа 2002 г. (17:00). Прохождение паводка в августе 2002 г. (утром 13.08.2002 г.) в верхнем течении р. Мульде у Цвиккау было бы зарегистрировано, как минимум, с обозначением конкретных величин подъемов уровня воды сетью наблюдательных станций. Представленные на рис. 2 сценарии регулирования водосброса базируются на максимально допустимых показателях расхода от 36 м³/с и величинах расхода воды в пойме от 210 м³/с. В отличие от значительно низкой воды в паводок в июле 1996 г., конечная величина стока в пойме при оптимизации регулирования вод на 2002 г. должна была быть повышена. Поскольку гидрологические прогнозирование в отношении осадков вследствие ограниченных возможностей не всегда являются достоверными, нужно разрабатывать запасные, независимые от вида паводков и половодий варианты решений данных вопро-

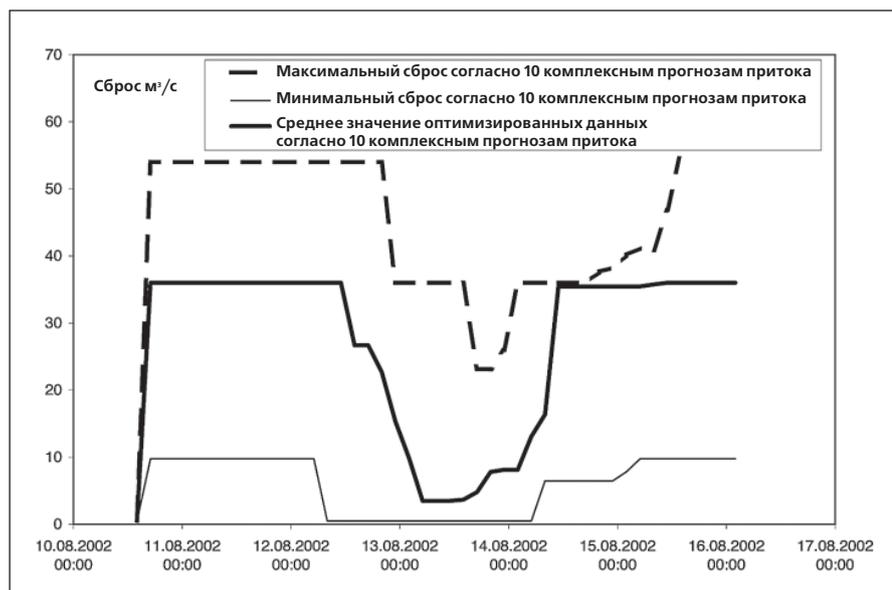


Рис. 3: Расчет показателей расхода водосброса плотины Айбеншток. Наблюдательная станция COSMO-LEPS

сов. На рис. 3 очевидны погрешности при разгрузке плотины.

4 Заключение

Защитная функция плотины в паводки и половодья зависит от специфики гидрологических условий месторасположения плотины, которые необходимо в первую очередь тщательно проанализировать. При сооружении природного водохранилища будут четко установлены функции и ограничения для плотины. Два данных аспекта, защитное действие плотины и вероятность риска, необходимо связывать друг с другом. Опираясь на прогнозы о паводках, можно существенно улучшить защитную функцию плотин при сезонных половодьях. Необходимо также согласовывать метеоро-

логические прогнозы с требованиями гидрологических станций.

Благодарность

Мы благодарим Федеральное министерство образования, науки и исследований и Федеральное управление плотинами и водохранилищами Свободной Республики Саксония за представленные в данной статье результаты научных исследований.

Литература

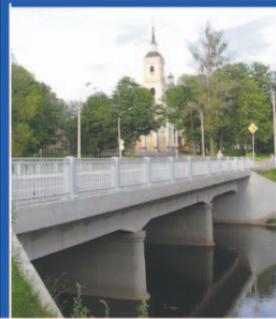
- [1] Normenreihe DIN 19700 Stauanlagen, 2004.
- [2] Schumann, A. H.: Hochwasserstatistische Bewertung des Augusthochwassers 2002 im Einzugsgebiet der Mulde unter Anwendung der saisonalen Statistik. In:

Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 49. (2005), H. 4, S. 200 – 206.

- [3] Loucks, D. P.; van Beek, E.: Water Resources Systems Planning and Management – An Introduction to Methods, Models and Application. UNESCO Publishing, 2005.
- [4] Needham, J. T.; Watkins Jr., D. W. et al.: Linear Programming for Flood Control in the Iowa and Des Moines Rivers. In: Journal of Water Resources Planning and Management 126 (2000), Heft 3, S. 118 – 127.

Авторы

Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas Schumann
Dipl.-Ing. Eva Lechthaler
 Universitaetsstr. 150
 44780 Bochum
 andreas.schumann@rub.de
 eva.lechthaler@rub.de

	<h2 style="text-align: center;">ИНЪЕКЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</h2> <p style="text-align: center;">Инъекционное оборудование, пакеры и комплектующие от производителя</p> <p style="text-align: center;">Ремонт трещин минеральными продуктами</p> <p style="text-align: center;">Ремонт трещин с применением эпоксидных и полиуретановых смол</p> <p style="text-align: center;">Гидроизоляция акрилатными гелями</p> <p>DESOI с 30-летним опытом работы является Вашим надежным партнером для получения компетентной консультации и профессионального оборудования в области инъекционных технологий.</p> <p>Гидроизоляция и усиление конструкций на строящихся и эксплуатируемых объектах транспортного и промышленного назначения, гидротехнических и очистных сооружениях, объектах городской инфраструктуры.</p>		<h2 style="text-align: center;">DESOI®</h2> <p style="text-align: center;">Инъекционная техника Смесительная техника Техника для торкретирования</p> <p style="text-align: center;">MADE IN GERMANY</p>
			<p style="text-align: center;">Мы даем консультации!</p> <p>ООО «ДЕЗОИ» Семеновский пер. д.15 107023, г. Москва</p> <p>Тел: +7 495 2257564 Факс: +7 495 2257564</p> <p>E-Mail: info@desoi-moscow.ru Internet: www.desoi-moscow.ru</p>
			<p>ООО «ДЕЗОИ-НОРД» Ленинский пр. д.160 196247, г. Санкт-Петербург</p> <p>Тел: +7 812 60 32 913 Факс: +7 812 60 32 913</p> <p>E-Mail: info@desoi-nord.ru Internet: www.desoi-nord.ru</p>