

*Strengthening of reinforced concrete models was performed by sticking carbon tapes FibArm Tape 230/300, width – 300 mm on the lower stretched face of models. Values of flexures and opening width of cracks were determined in reinforced concrete constructions of hydraulic structures with and without reinforced carbon tapes. For measuring bends there were placed indicators of a clock type with a grading mark 0.01 mm on supports and in the center of the span were as well as measurements were made by means of microscope MPB-2. The value of bends and opening width of cracks were monitored at every stage of models loading. As a result of the fulfilled investigations there was determined a reduction of the value of bends and opening width of cracks i.e. increasing of the rigidity and crack resistance due to strengthening of reinforced concrete constructions with carbon tapes.*

*Bendable reinforced concrete constructions; hydraulic structures; strengthening; carbon tapes; experimental research; the bending moment; the second group of limit states; deflections; crack opening width.*

### References

1. Alexandrov A. V., Rubin O.D., Lisichkin S.E., Balagurov V.B. Raschetnoe obosnovanie i tehicheskie resheniya po usileniyu zhelezobetonnyh constructsij GES (GAES), imeyushchih treshchiny razlichnoigo napravleniya, pri dejstvii complexa nagruzok // Stroitel'naya mehanika inzhenernyh constructsij i sooruzhenij. 2014. № 6. S. 50-54.

2. Rubin O.D. Novaya tehnologiya remonta GTS posredstvom armirovaniya kompozitnymi materialami / O.D. Rubin, S.E. Lisichkin, V.B. Balagurov, A.V. Alexandrov // Izvestiya VNIIG. T. 280. 2016. S. 3-10.

3. Rubin O.D. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij zhelezobetonnyh construct-

sij hidrotehnicheskikh sooruzhenij, usilennyh uglerodnymi lentami, pri dejstvii izgbayushchego momenta / O.D. Rubin, S.E. Lisichkin, K.E. Frolov // Stroitel'naya mehanika inzhenernyh constructsij i sooruzhenij. 2016. № 6. S. 58-63.

The material was received at the editorial office  
28.09.2016

### Information about the author

**Frolov Kirill Yevgenjevich**, deputy general director on research-project activity, PAO «RusHydro», 127006, Moscow, ul. Malaya Dmitrovka, d. 7; tel.: 8-800-333-80-00 (ext.1643); e-mail: FrolovKE@rushydro.ru

УДК 502/504:556.18: 627.51

**А.Н. РОКОЧИНСКИЙ, Я.Я. ЗУБИК, Л.А. ВОЛКОВА, Д.Н. ТРОФИМЧУК**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП) г. Ровно, Украина

## СТРУКТУРА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОПУСКОМ ПАВОДКОВ В УСЛОВИЯХ ПРИКАРПАТЬЯ

*Рассмотрены возникающие наводнения в Карпатском регионе как экстремальные гидрологические ситуации, которые отличаются значимой частотой, интенсивностью протекания и одновременным охватом больших площадей. Проанализированы природно-климатические особенности Прикарпатья и прилегающих к ним территорий. Рассмотрены научно обоснованные подходы к созданию системного управления пропуском паводков. Представлены принципы и особенности функционирования систем заблаговременного прогнозирования прохождения паводков. Предлагаются все три традиционных уровня принятия решений во времени: оперативное управление в режиме реального времени и краткосрочного прогноза метеофакторов; плановое управление, которое определяет на основе оценки аккумулирующей способности речного бассейна или его отдельных элементов, безопасность или необходимость в дополнительных мероприятиях и сооружениях (или их реконструкции) на основе долгосрочного прогноза; уровень проекта, на котором разрабатываются соответствующий проект строительства или реконструкции необходимых сооружений на установленную для условий реального объекта оптимальную расчетную обеспеченность; объединение во взаимосвязанную систему управления паводками с соответствующими шагами их реализации на основе создания единой подсистемы информационного, прежде всего –*

метеорологического обеспечения. В основу выработки управленческих решений на всех трех уровнях их принятия во времени предложена оценка аккумулирующей способности речного бассейна, как потенциальная способность принять определенное количество воды без нарушений эколого-экономической ситуации в его пределах. Представлены основные принципы создания и реализации саморазвивающейся системы формирования базы данных соответствующего метеорологического обеспечения. Предполагается перспективная общая эффективность усовершенствованной системы пропуска паводков.

*Структура, метеорологическое обеспечение, системное управление, пропуск паводков, условия Прикарпатья.*

**Введение.** Наиболее паводкоопасной территорией как в Украине, так и в Европе являются Карпаты и прилегающие к ним предгорные районы, к которым относятся и Прикарпатье. Наводнения и паводки в Прикарпатье отличаются значительной частотой, интенсивностью протекания и одновременным охватом больших площадей.

Основными причинами формирования паводков в бассейнах предгорных рек являются природно-климатические особенности Карпатского региона. Так, для водосбора реки Прут характерны экстремальное количество и продолжительность осадков, которые формируются под действием циклонов из Атлантики и Средиземного моря. Максимальное суточное количество осадков, которое было зафиксировано, приближается к 300 мм. За последние 100 лет количество осадков за месяц 8 раз превышало 500 мм. В отдельных местах годовое количество осадков приближалось к 1600 мм. Большое количество осадков в сочетании с другими природными и антропогенными факторами приводит к формированию наводнений и паводков различной интенсивности, повторяющихся 3...8 раз в год [1].

Высокая повторяемость наводнений и паводков в Прикарпатье, катастрофические последствия, к которым они приводят, требуют детального изучения условий формирования и прогнозирования их развития. Это экономически выгоднее и, как следствие, приводит к меньшим негативным последствиям. В паводкоопасных районах необходимо иметь постоянную достоверную информацию о состоянии режима рек и атмосферы в сочетании с другими природными и антропогенными факторами, что позволит прогнозировать изменение уровней и расходов воды, заблаговременно предупреждать о возможных угрозах затопления.

**Материалы и методы.** В 2008 г. Госводхозом Украины была разработана «Схема комплексной противопаводковой защиты в бассейне рек Днестр, Прут и Сирет». Одной из составных частей схемы является создание автоматизированной информационно-измерительной системы «Прикарпатье» (АИИС «Прикарпатье») [2].

Научное обоснование схемы базируется на детальном анализе генезиса, причин и последствий паводков и наводнений на реках Прикарпатья. В ней изучен и обобщен современный опыт создания ранее таких систем в Закарпатье, а также территории европейских стран. В частности, система предупреждения паводков EFAS [3] разработана Объединенным исследовательским центром Европейской комиссии (ЕК) и является оперативной системой гидрологического прогноза в масштабах Европы. Она охватывает данные более чем 5000 метеорологических и гидрологических станций Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF), Германской службы погоды (DWD), Метеорологического консорциума (COSMO-LEPS) и др., а также предоставляет гидрологический прогноз с заблаговременностью 10 сут. для почти 500 водосборов, который распространяется на национальные гидрометеорологические центры стран Европейского Союза и на основе которого в режиме реального времени создаются карты рисков возможных подтоплений [4].

Система взаимосвязанных программ НЕС для комплексного управления водными ресурсами работает на многих водосборах в США [5]. Например, для моделирования речного стока используется полураспределенная модель НЕС-HMS, которая реализует как концептуальный, так и физически обоснованный подход. В модели водосбор представляет собой совокупность подводосборов, в которых процессы стоко-

формирования представляются боксами поверхностного и внутрипочвенного слоя. Процесс инфильтрации и водный баланс в почве может описываться эмпирической кривой SCS или решением уравнения Грина-Емпта. Поверхностный сток рассчитывается с применением уравнения кинематической волны или методом единичного гидрографа. Модели водосборов, созданные на базе НЕС-HMS [6], могут быть интегрированы в прогностическую систему НЕС-RTS, которая в сочетании с базой данных мониторинга НЕС-DSS используется как оперативная прогностическая система реального времени. Поэтому основная цель, которая была заложена в ранее созданную АИИС «Тиса» в Закарпатье, – это оперативное прогнозирование гидрографов паводков на реках бассейна с помощью специального математического, информационного и программного обеспечения; подготовка достоверной прогнозной информации о параметрах паводка и передача ее в автоматическом режиме соответствующим службам оповещения и противопаводковым подразделениям; выдача рекомендаций для принятия управленческих решений по безаварийному пропуску паводков.

В «Схеме комплексной противопаводковой защиты в бассейне рек Днестр, Прут и Сирет» для наблюдения за факторами, которые вызывают паводки, предлагается создание АИИС «Прикарпатье». Концепция АИИС «Прикарпатье» разработана Венгерским институтом «Визитерн», которая аналогична ранее созданной и уже действующей АИИС «Тиса». Предполагается модернизация системы гидрометеорологических наблюдений в бассейнах рек Днестр, Прут и Сирет, средств и способов их проведения, непрерывность передачи результатов измерений всех автоматических станций, постов, осадкомеров в режиме реального времени с определенных мест их сбора. Кроме того, в рамках внедрения информационно-измерительной системы предполагается техническое и технологическое переоснащение средств проведения гидрологических измерений и работ, установка двух метеорологических локаторов в Черновцах и Львове с соответствующим программным комплексом моделей типа «Осадки-сток».

Анализ работы АИИС, которые ранее были введены в эксплуатацию, показал,

что при работе системы в режиме реального времени не обеспечиваются необходимые уровни заблаговременного прогноза и предупреждения прохождения катастрофического паводка на всем пути его формирования. Нет возможности провести анализ эффективности системы управления по всему спектру возможной реализации природно-климатических условий, а соответственно – обосновать необходимость строительства или реконструкции водопропускных, аккумулирующих и регулирующих сооружений в бассейнах рек.

**Результаты и обсуждения.** Исходя из опыта функционирования Европейской системы предупреждения паводков EFAS [3], системы взаимосвязанных программ НЕС, которая используется как оперативная прогностическая система в режиме реального времени на многих водосборах США [5], а также создания информационно-советующей системы управления мелиоративными объектами как сложными природно-техническими системами в Украине [7-9], для сквозного решения поставленных задач по управлению пропуском паводков, таких, как создание карт рисков затоплений, разработка планов предупреждения (предотвращения) и действий в чрезвычайных ситуациях, проектов развития ситуации на территории включая их инженерную защиту и др., целесообразно рассматривать во взаимосвязи все три традиционных уровня принятия решений во времени.

При традиционном подходе [7] уровни принятия решений во времени являются относительно самостоятельными, включают в себя: 1) *проект*; 2) *плановое управление объектом*; 3) *оперативное управление объектом* – и обеспечиваются соответствующим видом прогноза влияющих факторов. Поэтому для каждого уровня необходимо разрабатывать существенно различные модели оптимизации технических и технологических решений, а также имитационные модели по прогнозной оценке эффективности водорегулирования для сформулированных целей, выбранных критериев оптимизации, структуры расчетов по их реализации.

Согласно нашим предложениям [10, 11] при **системном управлении** пропуском паводков (СУПП) уровни принятия решений следует рассматривать во взаимосвязи: 1) оперативное управление; 2) плановое

управление; 3) проект. Все три уровня взаимосвязаны и опираются на единый модельный комплекс для системы вида «Объект → внешняя среда → их взаимодействие» и общую базу соответствующего информационного, прежде всего – метеорологического обеспечения [11].

**Первый уровень** принятия решений во времени – это оперативное управление пропуском паводков (УПП) в режиме: а) реального времени; б) возможных краткосрочных прогнозов метеофакторов: сверхсрочного (до 3 часов), краткосрочного (до 3 дней) и среднесрочного (до 10 дней) – в зависимости от принятого в конкретных условиях реального объекта реального шага реализации прогнозных моделей.

На **втором уровне** принятия решений осуществляется разработка системных планов по управлению пропуском паводков на основе долгосрочного прогноза, обосновываются соответствующие технологии водорегулирования в речном бассейне для следующего сезона в разрезе принятых типовых (расчётных по условиям их тепло- и влагообеспеченности) сценариев реализации метеорологических режимов исследуемых условий реального объекта.

Этот уровень стратегически важен, поскольку позволяет в широком диапазоне возможных сценариев развития событий определить места возникновения рисков затопления, потребность в дополнительном строительстве или реконструкции противопаводковых сооружений, установить возможность комплекса сооружений или отдельных сооружений речного бассейна выдержать динамические нагрузки разрушительной силы потоков воды при прохождении паводков.

Решение этого вопроса возможно только благодаря выполнению детальных прогнозных режимных расчетов на долгосрочной основе для различных альтернативных вариантов схем водорегулирования в речном бассейне и выбора оптимальных из них в изменчивых климатических условиях по всему спектру расчетных лет.

Если существует потребность в строительстве или реконструкции сооружений, то в силу вступает **третий уровень** принятия решений во времени, задача которого состоит в разработке проектов нового строительства и реконструкции аккумулирующих, водорегулирующих и водопропускных сооружений в речном бассейне [8].

На стадии проектов нового строительства и реконструкции существующего каскада сооружений в речном бассейне необходимо обосновать и определить оптимальное решение относительно типа, конструкции и параметров сооружений, обусловленных принятым способом (схемой) водорегулирования в бассейне реки при существующих природно-хозяйственных условиях.

Исходя из имеющихся видов прогноза относительно уровней принятия решений во времени (1 – оперативное управление; 2 – плановое управление; 3 – проект), для выполнения режимных прогнозно-оптимизационных расчетов на долгосрочной или краткосрочной основе необходимо исходить из разработки соответствующего прогноза климатических или погодных условий, традиционно относящихся к так называемому климатологическому прогнозу.

Климатологические прогнозы – это прогнозы, в которых в качестве прогнозируемой величины берутся средние многолетние значения (нормы) необходимых метеорологических величин или их нормированное распределение за расчетный период времени (многолетний, годовой, вегетационный период и др.) [8].

Модель прогнозной оценки метеорологических режимов является первым звеном в цепи реализации любых режимных прогнозно-имитационных расчетов на долгосрочной или краткосрочной основе, от точности которых напрямую зависят результаты всех последующих вычислений, вплоть до окончательного принятия управленческих, проектных или экспертных решений. При этом вид и уровень сложности таких моделей, их методическое и информационное обеспечение должны отвечать главному требованию: быть достаточно эффективными и относительно простыми, пригодными для их практического применения в прогнозных режимных расчетах.

При системном управлении пропуском паводков информационное обеспечение базы данных может формироваться, пополняться, расширяться и развиваться за счет включения в нее данных как многолетних ретроспективных наблюдений за основными метеофакторами, так и их формирования в текущие годы функционирования системы управления в районе речного бассейна, образуя саморазвивающуюся систему базы данных метеорологического обеспечения СУПП (рис.).



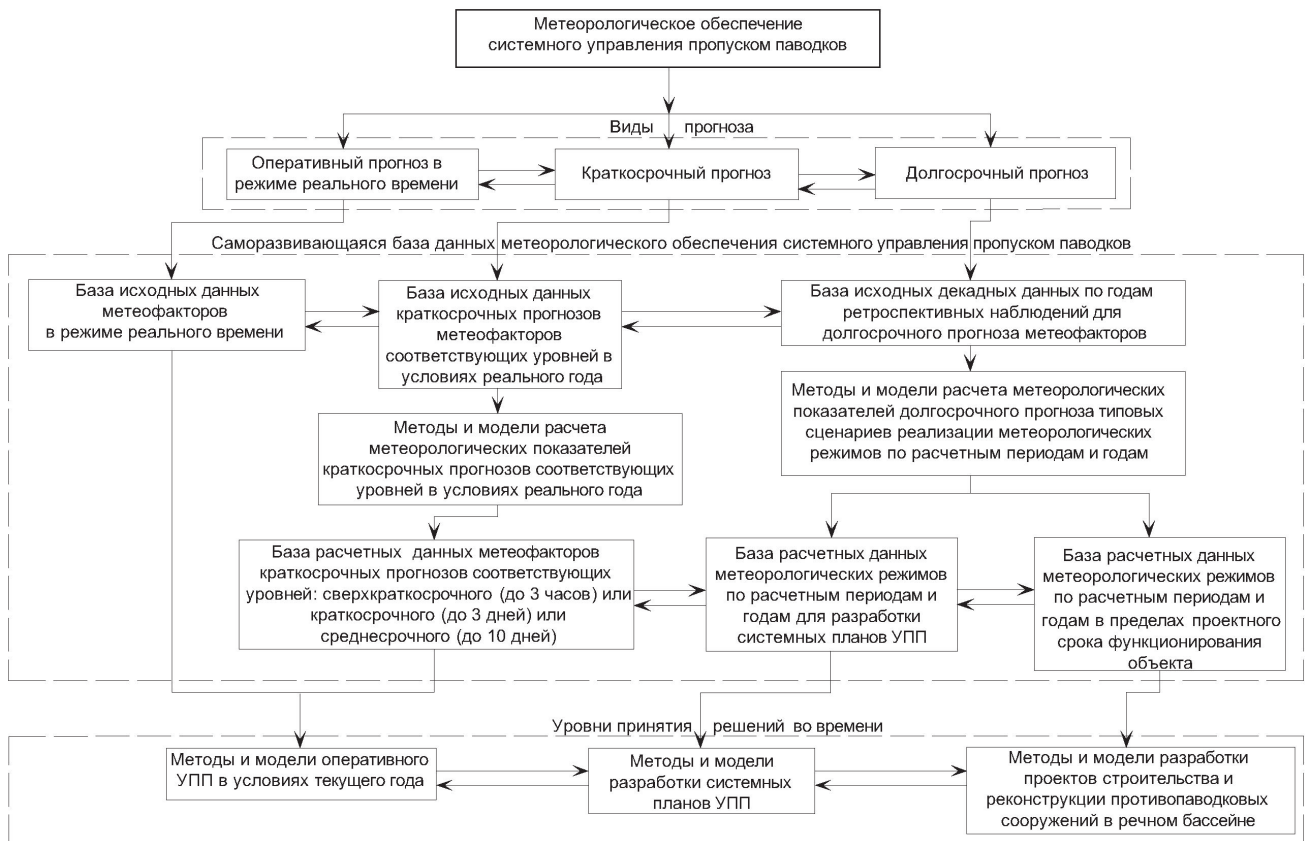


Рис. Схема реализации саморазвивающейся системы формирования базы данных метеорологического обеспечения при системном управлении пропуском паводков

Точность полученных расчетов зависит от уровня принятия решений во времени, вида прогноза метеорологических факторов и шага реализации модели (час, сутки, пентада, декада, месяц, холодный или теплый период года, год, проектный срок функционирования объекта). Для этого могут быть эффективно использованы уже существующие и апробированные на практике методы и модели создания необходимого метеорологического обеспечения долгосрочных и краткосрочных прогнозов, разработанные нами для управления водохозяйственно-мелиоративными объектами и комплексами, регламентируемые соответственными отраслевыми нормативами в системе водного хозяйства Украины [7-9].

Такие модели основаны на исследовании изменчивости метеофакторов во времени с помощью многомерного статистического анализа с использованием ПЭВМ, схематизации метеорологических режимов на основании комплексной совместной оценки метеофакторов и построенных на их основе метеорологических комплексов, определении и формализации закономерностей формирования их в многолетнем и внутри-вегетационном разрезе с использованием

периодических кривых Фурье разного порядка в зависимости от требуемой точности прогноза с заданным расчётным шагом реализации модели. Так, при наличии данных многолетних наблюдений за основными метеофакторами мы имеем массивы исходных данных (баз данных), которые могут быть представлены в векторно-матричном виде как

$$\bar{x}_{fj\tau} = \{ \bar{x}_{fj\tau} \} = (P_{\tau}, \bar{T}_{\tau}, \bar{D}_{\tau}, \bar{H}_{\tau}),$$

$$f = \overline{1, n_f}; j = \overline{1, n_j}; \tau = \overline{1, n_{\tau}}, \quad (1)$$

где  $\bar{x}_{fj\tau}$  – векторы состояния (массивы данных ретроспективных срочных наблюдений) основных метеофакторов совокупности  $\{f\}$ ,  $f = \overline{1, n_f}$  ( $n_f = 4$ ): сумм осадков ( $P_{\tau}$ , мм) и средних значений температуры ( $\bar{T}_{\tau}$ , °C), дефицита ( $\bar{D}_{\tau}$ , мм) и относительной влажности воздуха ( $\bar{H}_{\tau}$ , %) – за расчетные интервалы времени (например, сутки, пентада, декада) совокупности  $\{\tau\}$ ,  $\tau = \overline{1, n_{\tau}}$  внутри вегетационного периода  $j$ -х лет наблюдений совокупности  $\{j\}$ ,  $j = \overline{1, n_j}$ .

Наличие такой базы исходных данных и возможность их дальнейшего статистического и структурного преобразования позволяют получить типовые распределения основных необходимых метеофакторов для принятого за основу расчётного шага реали-

зации прогнозной модели в типовые или характерные (расчетные) по условиям тепло- и влагообеспеченности периоды (например, для периодов вегетации:  $p = 10\%$  – очень влажные;  $p = 30\%$  – влажные;  $p = 50\%$  – средние;  $p = 70\%$  – сухие;  $p = 90\%$  – очень сухие включая при необходимости их выделенные экстремальные значения) совокупности  $\{p\}$ ,  $p = \overline{1, n_p}$  ( $n_p = 5$ ). Такое количество типовых схем метеорологических режимов является достаточным для инженерной практики выполнения прогнозно-оптимизационных расчетов на долгосрочной основе.

Конечный результат сформулированной задачи может быть представлен аналогично (1) в векторно-матричном виде как

$$\bar{x}_{fpt} = \{x_{fpt}\} = (P_{pt}, \bar{T}_{pt}, \bar{D}_{pt}, \bar{H}_{pt}),$$

$$f = \overline{1, n_f}; p = \overline{1, n_p}; \tau = \overline{1, n_\tau}, \quad (2)$$

$W_{фак}$  – фактический объем воды, содержащийся (попустил) в пределах бассейна реки;  $W_{аку}$  – объем воды, который аккумулируется в пределах бассейна реки без нарушений эколого-экономической ситуации в нём.

Использование такого показателя в принципе [7, 12, 13] позволяет в дальнейшем осуществлять универсальное по своей сути нормирование параметров ущерба от прохождения паводков для всех уровней принятия решений во времени, постановку и решение соответствующих прогнозно-оптимизационных задач по определению параметров расчетной обеспеченности, необходимых технологических (модули, расходы и объёмы стока, уровни воды прохождения паводка) и технических параметров (тип, конструкция регулирующих и аккумулирующих ПГТС) принимаемых решений.

### Выводы

Таким образом, поскольку наводнения и паводки наносят значительный ущерб экономике и населению Прикарпатья, а существующее положение службы гидрологического оповещения в бассейнах рек Днестр, Прут и Сирет не может обеспечить прогноз и заблаговременное предупреждение прохождения и параметры паводков, возникает насущная необходимость совершенствования существующих и создаваемых систем управления пропуском паводков с учетом современных подходов. Это позволит эффективно контролировать и прогнозировать процесс формирования и прохождения паводков на основе сочетания всех трех тра-

диционных уровней принятия решений во времени: оперативного управления в режиме реального времени и краткосрочного прогноза метеофакторов; планового управления, которое определяет на основе оценки аккумулирующей способности речного бассейна или его отдельных элементов безопасность или необходимость дополнительных мероприятий и сооружений (или их реконструкции) на основе долгосрочного прогноза; уровня проекта, на котором разрабатывается соответствующий проект строительства или реконструкции необходимых сооружений на заданную для условий реального объекта оптимальную расчетную обеспеченность. Это позволит в максимальной мере минимизировать ущерб от паводков и наводнений в регионе Прикарпатья и других аналогичных условиях.

### Библиографический список

1. Дзюба Я.В., Трофимчук Д.М., Живиця А.В., Рокочинський А.М. Автоматизована інформаційно-вимірювальна система “Прикарпаття” для прогнозування повеней // Вісник НУВГП. 2015. № 3(71): Технічні науки. С. 303-307.
2. Техніко-економічне обґрунтування створення інформаційно-вимірювальної системи «Прикарпаття» в басейні річки Прут на території Чернівецької області. 1. Пояснювальна записка. К.: Укрводпроект, 2011. 34 с.
3. Bartholmes J.C., Thielen J., Ramos M. – H. et al. The european flood alert system efaspart 2: statistical skill assessment of probabilistic and deterministic operational forecasts // Hydrology and Earth System Sciences. 2009. Vol. 13. № 2. P. 141-153.
4. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Управление риском трансграничных наводнений: опыт региона ЕЭК ООН. Нью Йорк и Женева, 2009.
5. Knebl M.R., Yang Z. – L., Hutchison K. et al. Regional scale flood modeling using nexrad rainfall, gis, and hec-hms/ras: a case study for the san antonio river basin summer 2002 storm event // Journal of Environmental Management. 2005. Vol. 75. № 4. P. 325-336.
6. Fleming M. Description of the hydrologic engineering center’s hydrologic modeling system (HEC-HMS) and application to watershed studies / M. Fleming // DTIC Document, 2004. 17 p.
7. Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осу-

шуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія // За ред. академіка УААН Ромащенко М.І. Рівне: НУВГП, 2010. 351 с.

8. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди». Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк, В.М. Бежук та ін. Рівне, 2008. 64 с.

9. Методичні рекомендації по науково-методичних та організаційних засадах управління водогосподарсько-меліоративними об'єктами гумідної зони України за короткотерміновим метеорологічним / А.М. Рокочинський, Я.Я. Зубик, Л.В. Зубик, Є.І. Покладньов та ін. Рівне, 2005. 53 с.

10. Рокочинский А.Н., Дзюба Я.В., Живица В.А., Трофимчук Д.Н. Усовершенствование системы управления пропуском паводков в условиях Прикарпатья // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сборник научных статей. Б.: БрГТУ, 2016. С. 122-127.

11. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір за. № 66385 від 05.07.2016 г. «Усовершенствование системы управления пропуском паводков в условиях Прикарпатья».

12. Галямин Е.П. Оптимизация оперативного распределения водных ресурсов в орошении. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 272 с.

13. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации) / И.П. Айдаров, А.И. Голованов, Ю.Н. Никольский. М.: Агрометеиздат, 1990. 60 с.

Материал поступил в редакцию 30.05.2016 г.

#### Сведения об авторах

**Рокочинский Анатолий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой природообустройства и гидромелиораций, НУВХ, Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, д. 11; тел.: 380 (096) 244 15 42; e-mail: -ekoteh-@ukr.net

**Зубик Ярослав Ярославович**, старший преподаватель кафедры прикладной математики, НУВХП, Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, д. 11; тел.: 38099308077; e-mail: j.j.zubyk@nuwm.edu.ua

**Волкова Людмила Андреевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры водохозяйственной экологии, гидрологии и гидравлики, НУВХП, Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, д. 11; тел.: 380975642592, e-mail: l.a.volkova@nuwm.edu.ua

**Трофимчук Дмитрий Николаевич**, аспирант кафедры природообустройства и гидромелиорации, НУВХП, Украина, 33028, г. Ровно, ул. Соборная, д. 11; тел.: 380 (067) 8411321; e-mail: dmitro\_trofimchuk\_91@mail.ua

**A.N. ROKOCHINSKY, YA.YA. ZUBIK, L.A. VOLKOVA, D.N. TROFIMCHUK**

National university of water economy and nature management (NUWENM), Rovno, the Ukraine

## STRUCTURE OF METEOROLOGICAL SUPPORT FOR FLOOD DISCHARGE SYSTEM MANAGEMENT UNDER THE CONDITIONS OF PRYKARPATTYA

*There are considered arising floods in the Carpathian region as extreme hydrological situations which differ by a significant frequency, intensity of passing*

*and simultaneous coverage of large areas. Natural and climatic features of the Carpathian region and adjacent territories have been analyzed. Scientifically substantiated approaches to creating a floods discharge system management have been considered. There are given principles and peculiarities of the systems functioning of early floods discharge prediction. There are proposed all three traditional levels of decision making in time: real time operational management and short-term prognosis of meteorological characteristics; planned management which determines on the basis of the assessment of river basin or its separate elements accumulating capacity, safety or necessity in additional measures and structures (or their reconstruction) taking into account the long-term forecast; and project level when the appropriate project of building or reconstruction of necessary structures on the defined for real object conditions and optimal estimated occurrence is worked out. This level combines into the interconnected system of floods management with appropriate steps for their implementation by creating a unified subsystem of information, first of all meteorological support. As the basis for the development of management decisions at all three time levels*

there is proposed an assessment of the river basin accumulation capacity as the potential ability to accumulate a certain amount of water without disruption of the environmental and economic situation in the basin. There are presented the main principles of creation and implementation of the self-developing system of formation of the meteorological support database. There is proposed a perspective general efficiency of the improved system of flood discharging.

*Structure, meteorological support, system management, floods discharge, conditions of Prykarpattya.*

### References

1. Dzyuba Ya.V., Trofimchuk D.M., Zhivitsya A.V., Rokochinsky A.M. Автоматизована інформаційно-вимірювальна система «Прикарпаття» для прогнозування повеней // Вісник НУВГП. 2015. № 3(71): Технічні науки. С. 303-307.
2. Техніко-економічне обґрунтування створення інформаційно-вимірювальної системи «Прикарпаття» в басейні річки Прут на території Чернівецької області. 1. Пояснювальна записка. К.: Укрводпроект, 2011. 34 с.
3. Bartholmes J.C., Thielen J., Ramos M. – H. et al. The european flood alert system efas part 2: statistical skill assessment of probabilistic and deterministic operational forecasts // Hydrology and Earth System Sciences. 2009. Vol. 13. № 2. P. 141-153.
4. Konventsiya po ohrane i ispolzovaniyu transgranichnyh vodotokov i mezhdunarodnyh ozer. Upravlenie riskom transgranichnyh navodnenij: opyt regiona EEK OON. New York i Zheneva, 2009.
5. Knebl M.R., Yang Z. – L., Hutchison K. et al. Regional scale flood modeling using nexrad rainfall, gis, and hec-hms/ras: a case study for the san antonio river basin summer 2002 storm event // Journal of Environmental Management. 2005. Vol. 75. № 4. P. 325-336.
6. Fleming M. Description of the hydrologic engineering center's hydrologic modeling system (HEC-HMS) and application to watershed studies / M. Fleming // DTIC Document, 2004. 17 p.
7. Rokochinskiy A.M. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах: Монографія // За ред. академіка УААН Ромащенко М.І. Рівне: НУВГП, 2010. 351 с.
8. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди». Метеорологічне забезпечення інженерно-меліоративних розрахунків у проектах будівництва й реконструкції осушувальних систем / А.М. Рокочинський, В.А. Сташук, В.Д. Дупляк, В.М. Бежук та ін. Рівне, 2008. 64 с.
9. Методичні рекомендації по науково-методичних та організаційних засадах управління водогосподарсько-меліоративними об'єктами гумідної зони України за короткотерміновим метеорологічним / А.М. Рокочинській, Я.Я. Зубик, Л.В. Зубик, Є.І. Покладньов та ін. Рівне, 2005. 53 с.
10. Rokochinsky A.M., Dzyuba Ya.V., Zhivitsya A.V., Trofimchuk D.N. Uoversh-enstvovanie sistemy upravleniya propuskom pavadkov v usloviyah Prikarpatja // Aktual-jnye nauchno-tehnicheskie i ecoogicheskie problem sohraneniya sredy obitaniya: sbornik nauchnyh statej. B.: BrGTU, 2016. S. 122-127.
11. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір за. № 66385 від 05.07.2016 г. «Усовершенствование системы управления пропуском паводков в условиях Прикарпаття».
12. Galyamin E.P. Optimizatsiya operativnogo respredeleniya vodnyh resursov v oroshenii. L.: Hydrometeoizdat, 1981. 272 s.
13. Optimizatsiya meliorativnyh rezhimov oroshaemyh i osushaemyh sel'skohozyaistvennyh zemel (recomendatsii) / I.P. Aidarov, A.I. Golovanov, Yu.N. Nikoljsky. M.: Agrometeoizdat, 1990. 60 s.

The material was received at the editorial office  
30.05.2016

### Information about the authors

**Rokochinskiy Anatolij Nikolaevich**, doctor of technical sciences, professor, head of of the chair of environmental engineering and water conservation, NUVHP, Ukraine, 33028, Rovno, ul. Sobornaya, d.11; tel.: 380 (096) 244 15 42; e-mail: -ekoteh-@ukr.net

**Zubik Yaroslav Yaroslavovich**, senior lecturer of the chair of the applied mathematics, NUVHP, Ukraine, Rovno, ul. Sobornaya, d.11; tel.:38099308077; e-mail: j.j.zubyk@nuwm.edu.ua

**Volkova Lyudmila Andreevna**, candidate of agricultural sciences, professor of agricultural sciences of the chair of water economic ecology, hydrology and hydraulics, NUVHP, Ukraine, 33028, Rovno,



ul. Sobornaya, d.11; tel.: 380975642592,  
e-mail: l.a.volkova@nuwm.edu.ua

**Trofimchuk Dmitrij Nikolaevich,**  
post-graduate student of the chair of environ-

mental engineering and water conservation,  
NUVHP, Ukraine, 33028, Rovno, ul. Sobor-  
naya, d.11; tel.: 380 (067) 8411321; e-mail:  
dmitro\_trofimchuk\_91@mail.ua

УДК 502/504:627.83: 532.533

**В.А. ЗИМНЮКОВ, М.И. ЗБОРОВСКАЯ, А.И. ЗАЙЦЕВ**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГЛУБИННОГО ВОДОСБРОСА С СЕГМЕНТНЫМ ЗАТВОРОМ

*Рассмотрена работа высоконапорного глубинного водосброса с сегментным затвором, наличием порога и диффузорной несимметричной отводящей частью при пропуске максимального расчётного расхода с определением возможности возникновения кавитации. В качестве примера анализируется пропуск паводка через гидроузел. Выявляются причины возникновения кавитации в отводящем водосбросном тракте с определением скоростного режима и изучением пьезометрических напоров в расчётных створах на основе данных, полученных при работе модели водосброса масштаба М 1:50. Анализ полученных данных показывает, что при заданных условиях работы водосброса кавитация будет возникать при наличии любого потенциального возбудителя в безнапорной части водосброса при расходе сбрасываемого потока свыше 400 м<sup>3</sup>/с. Для исключения возможности образования кавитации и обеспечения безаварийной эксплуатации водосброса необходимо изменить конструкцию отводящей части водосброса (сгладить повороты, расширение диффузорной части сделать более плавным, заменить материалы на более кавитационностойкие, уменьшить шероховатость поверхности бетона путём полировки/шлифовки) или изменить характеристики потока воды (увеличить степень аэрированности потока, уменьшить скорость потока). Также рекомендуется уменьшить пропускаемый расход воды с увеличением срока попуска паводка и значительным предпаводковым опорожнением водохранилища в многоводные годы. Результаты эксперимента совпадают с ситуаций на натурном объекте: в расчётном створе, где наблюдается сильное падение избыточного давления воды, на натурном объекте зафиксированы кавитационные каверны в боковых стенках и дне водосброса.*

*Курпсайский гидроузел, глубинный водосброс, кавитация, модельные исследования, модель глубинного водосброса, гидравлические исследования, скорость потока.*

**Введение.** Вероятность возникновения кавитации в тракте глубинного водосброса обеспечена не только недостатками выполнения работ и эксплуатацией водосброса с забитыми воздуховодами, но и с существующими вопросами по принятым проектным решениям. Дальнейшее изучение и проведение опытов позволят уточнить предлагаемые методы решения вопроса.

Стоит отметить, что ввиду столь маленького масштаба модели непосредственно моделировать кавитацию и аэрацию невозможно, но есть вероятность получения данных о гидравлических характеристиках потока, на анализе которых станет ясно поведение потока на натурном сооружении. Результаты эксперимента совпадают с ситуаций на натурном объекте: в расчётном

створе, где наблюдается сильное падение избыточного давления воды, на натурном объекте зафиксированы кавитационные каверны в боковых стенках и дне водосброса.

При скоростях потока до 15 м/с такие явления, как кавитация, аэрация и пульсационные нагрузки, не оказывают существенного влияния на нормальную работу сооружения и поэтому при проектировании обычно не учитываются. При скорости потока более 25 м/с, для обеспечения нормальной работы водопропускных сооружений, необходимо принимать особые меры по учёту воздействия кавитации. Проектирование высоконапорных водосбросов без учёта указанных особенностей высокоскоростных потоков может привести к тяжёлым повреждениям и авариям на водосбросных сооружениях [1, 2]. Предполагает-