

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 504.062.2 + 556.18

**Фам
Нгок Киен**

**ОПТИМИЗАЦИЯ
ПАРАМЕТРОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА
(НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ РЕК ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНОВ ВЬЕТНАМА)**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.07 – Гидротехническое
и мелиоративное строительство

Минск, 2016

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Научный руководитель —

Колобаев Алефтин Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Белорусского национального технического университета

Официальные оппоненты:

Войтов Игорь Витальевич, доктор технических наук, ректор Белорусского государственного технологического университета;

Анженков Александр Сергеевич, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе Республиканского научного дочернего унитарного предприятия «Институт мелиорации» НАН Беларуси

Оппонирующая организация —

УО «Брестский государственный технический университет»

Защита состоится «19» января 2017 г. в 16.00 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.05.10 Белорусского национального технического университета по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202, тел. ученого секретаря (017)265-97-29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан « » декабря 2016 г.

Ученый секретарь
Совета по защите диссертаций



Л.В. Нестеров.

© Фам Нгок Киен, 2016

© Белорусский национальный
технический университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Вода является одним из важнейших компонентов жизни на нашей планете. С другой стороны вода может представлять опасность для людей и окружающей среды. Согласно прогнозам изменения климата ожидается увеличение повторяемости засух и наводнений, что требует более тщательного обоснования состава и параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах рек Вьетнама и многих регионах других государств. Водохозяйственный комплекс (ВХК) – это совокупность водопользователей в пределах одного и того же речного бассейна. Основополагающим связующим звеном между участниками ВХК является водохранилище, осуществляющее перераспределение речного стока во времени согласно требованиям водопользователей. Именно с помощью стокорегулирующих водохранилищ и русловых прудов (те же водохранилища, но меньшего объема) появляется возможность обеспечить разнообразные (в основном противоречивые) требования различных участников ВХК: орошения, водоснабжения населения, промышленности, сельского хозяйства и животноводства, рыбного хозяйства, сохранения минимальных расходов воды в русле реки для рекреации и охраны природы, гидроэнергетики и борьбы с наводнениями.

Состав водохозяйственных мероприятий должен обеспечивать потребности всех водопользователей, выполнение требований по охране окружающей среды и в тоже время быть экономически выгодным.

Требования участников ВХК разнообразны и отличаются по количеству потребляемой воды, режиму и приоритетам водопользования в различные периоды времени. Если десять лет назад в бассейнах рек Вьетнама лимитирующим водопользователем (головным участником ВХК) считалась гидроэнергетика, то в настоящее время, с учетом прогнозируемого изменения климата на первый план выходят орошение и борьба с наводнениями, что характерно и для бассейнов рек юго-западной части Беларуси. В большинстве случаев значительные потребности в воде на нужды орошения не покрываются выпадающими в вегетационные периоды осадками, а естественный речной сток в эти периоды недостаточен для обеспечения водой всех пользователей (включая орошение) в необходимом объеме. В этих условиях создание водохранилищ очевидно, но степень регулирования стока, т.е. величина полезной емкости водохранилищ, подлежит экономическому обоснованию с учетом особенностей того или иного речного бассейна.

Вопросы оптимизации параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах больших и средних рек исследованы многими отечественными и зарубежными авторами: во второй половине прошлого века – Маас А., Хафшмидт К. (США), Воропаев Г.В., Золотарев Т.Л., Зузик Т.Д.,

Крицкий С.Н. и Менкель М.Ф., Плужников В.Н., Романенко А.М., Черняев А.М. (СССР), Е Хуан-тин (Китай), Фам Фу, Нгуен Чонг Шинь (Вьетнам) и др., а в последние два десятилетия – Войтов И.В., Голченко М.Г., Колобаев А.Н., Лихацевич А.П., Михневич Э.И., Рогунович В.П. (Беларусь), Долгов М.В., Косолапов А.Е., Левит-Гуревич Л.К., Пряжинская В.Г. (Россия), Духовный В.А. (Узбекистан), Яцык А.В. (Украина), Нгуен Тхьонг Банг (Вьетнам) и др. Во всех исследованиях в конечном итоге использовались математические модели, основанные на критериях оптимизации применительно к водохозяйственному комплексу, участниками которого являлись ирригация, гидроэнергетика и борьба с наводнениями. До практических приложений чаще других доведены методы, ориентированные на оптимизацию одной какой-нибудь цели: во Вьетнаме – в основном эффективности гидроэнергетики. Для малых речных бассейнов предложенные методы расчета не адаптированы, поскольку алгоритмы оптимизации не в полной мере учитывают особенности малых рек, (например, зависимости потребностей в воде на орошение от выпадающих в вегетационный период осадков и, как следствие, от величины речного стока), а также большую погрешность, недостаточность или отсутствие необходимых для оптимизации исходных данных о взаимосвязи экономических показателей и водохозяйственных параметров. Поэтому в настоящей работе решались задачи по обоснованию состава и оптимизации основных параметров ВХК с учетом особенностей малых рек Вьетнама, в бассейнах которых лимитирующим водопользователем является орошение, а также с учетом реальных возможностей информационного обеспечения процесса принятия эффективных управленческих решений.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Диссертационная работа выполнялась:

– согласно плану научных исследований «Национальной стратегии по изменению климата» на период 2013-2025 гг. (утвержденному Премьер-министром Социалистической Республики Вьетнам по постановлению № 2139/QĐ-ТТг от 05 декабря 2011) и в соответствии с законом о водных ресурсах (утвержденному Парламентом Социалистической Республики Вьетнам № 17/2012/QН13 от 21 июня 2012);

– в соответствии с программами аспирантуры во Вьетнамском научном ирригационном институте и Ханойском ирригационном университете, утвержденными Министром образования Вьетнама 14 февраля 2012 г., № 04/2012/ТТ-DGDDT);

– по плану работ кафедры «Водоснабжение и водоотведение» БНТУ на 2016 г. в составе приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь в рамках темы ГБ 16-300 «Совершенствование конструкций и методов расчета систем водоснабжения и водоотведения», этап 1 «Анализ режимов и норм водопотребления и водоотведения в населенных пунктах, на промпредприятиях и пути их оптимизации».

Цель и задачи исследования – разработка метода оптимизации параметров водохозяйственного комплекса применительно к специфическим условиям малых рек предгорных районов Вьетнама.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решались следующие задачи:

– анализ вьетнамских, белорусских и зарубежных литературных источников по теме диссертации для уточнения актуальности, целей, задач, объектов и предмета научных исследований;

– установление особенностей водохозяйственного комплекса в бассейнах исследуемых малых рек;

– определение состава, ведущих участников и подлежащих оптимизации параметров ВХК;

– установление характерных для малых рек предгорных районов Вьетнама зависимостей между гидрологическими, метеорологическими и водохозяйственными характеристиками, которые необходимы для обоснования и оптимизации степени регулирования речного стока и площади орошения в речном бассейне;

– разработка критерия оптимизации основных параметров ВХК в условиях отсутствия, неопределенности или большой погрешности исходных данных, необходимых для оптимизации по экономическим критериям;

– разработка методики оптимизации параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек с использованием нового критерия с учетом зависимостей между потребностями в воде на орошение, осадками и речным стоком;

– проведение оптимизационных расчетов по реальным объектам на малых реках Вьетнама;

– сопоставление результатов расчета по предлагаемому критерию с результатом расчета традиционными методами по экономическим критериям, оценка эффективности предлагаемого критерия и условий его применения;

– подготовка рекомендаций по внедрению результатов диссертационной работы.

Объект исследования – водохозяйственный комплекс в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама.

Предмет исследования – параметры водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек.

Научная новизна. Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке:

– нового внеэкономического критерия оптимизации основополагающих параметров водохозяйственного комплекса: емкости водохранилища многоцелевого назначения и площади земель, орошаемых за счет естественного и регулируемого речного стока;

– уточненного способа расчета потребностей в воде орошения, который учитывает выпадающие в течение вегетационного периода осадки и установленные для малых рек предгорных районов Вьетнама зависимости между речным стоком и осадками;

– методики оптимизации основных параметров водохозяйственного комплекса на основе предложенного критерия с учетом воднобалансовых и других ограничительных условий по требованиям всех водопользователей, а также с учетом специфики бассейнов малых рек Вьетнама.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Критерий оптимизации параметров ВХК в виде минимума суммы свободного естественного и регулируемого объема речного стока на единицу орошаемой площади, отличающийся учетом заиливания, потерь на испарение и обоснованием эффективности его применения при отсутствии, неполной или недостаточно надежной информации о стоимостных показателях строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений.

2. Способ определения потребностей в воде на орошение, учитывающий выпадающие в вегетационный период осадки, характерную для малых рек взаимосвязь речного стока и осадков, и позволяющий более точно определять объем водохранилищ комплексного назначения, когда лимитирующим фактором является орошение.

3. Методика оптимизации параметров ВХК, использующая предложенный критерий оптимизации и учитывающая установленные зависимости потребностей в воде ведущего участника ВХК (орошение) от осадков и речного стока, водохозяйственные ограничения согласно требованиям всех участников ВХК, а также особенности водопользования и формирования речного стока малых рек, что в конечном итоге обеспечивает принятие эффективных решений при определении объемов водохранилищ и площадей орошаемых земель.

Личный вклад соискателя. Автор проводил обобщение и анализ литературных источников, принимал непосредственное участие в аналитической обработке гидрологической, гидрометеорологической, водохозяй-

ственной и экономической информации, в получении и обобщении научных результатов, формулировании выводов и рекомендаций.

Большинство научных публикаций и докладов на научных конференциях осуществлено лично автором. Одна статья и один доклад подготовлены совместно с руководителем диссертационной работы.

В диссертации автором решена задача оптимизации основных параметров ВХК на основе разработанного критерия с учетом уточненного расчета потребностей в воде на орошение и ограничений по требованиям других участников ВХК применительно к малым рекам Вьетнама.

Апробация результатов диссертации. Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научно-практических конференциях, форумах и симпозиумах: Научно-технических конференциях БНТУ «Наука – образованию, производству, экономике», Минск 2013, 2015 и 2016 гг.; Международной научной конференции «Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития» в Полесском аграрно-экологическом институте НАН Беларуси, Брест, 2014; Международной научно-практической конференции «Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания» в Брестском государственном техническом университете, Брест 2016; International scientific conference on “Green growth and energy for ASEAN”, Hanoi–Vietnam, 2014; Ученом совете Научного института энергетики Вьетнамской академии наук и технологий (НИЭ ВАНТ, Ханой, 2015) и Ученом совете Строительного университета (Ханой, 2014).

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертации опубликованы 4 статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК Беларуси (всего 2,1 авторского листа), 4 статьи в сборниках научных работ Международных научно-практических конференций и 3 - тезисы докладов на научно-технических конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка (включающего 91 использованных источников и 11 публикаций автора) и четырех приложений. Объем диссертации составляет 100 страницы, включая 14 рисунков и 22 таблицы. Объем приложений составляет 38 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** анализируются основные литературные источники по теме диссертации, обосновывается актуальность проводимых исследований, формулируются цели и задачи диссертационной работы, акцентируются вопросы, нуждающиеся в изучении.

В главе 1 «Особенности водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек» установлены специфические для бассейнов исследуемых малых рек особенности водопользования, определены состав, ведущие участники и подлежащие оптимизации параметры ВХК в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама, юго-западных частей Беларуси, а также в аналогичных регионах других государств.

В водосборах малых рек предгорных районов Вьетнама формирование речного стока происходит быстро и существенно зависит от выпадающих осадков. Величина речного стока четырёх многоводных месяцев сезона дождей (август–ноябрь) составляет 50-60% общего годового стока, а четырёх маловодных месяцев сухого сезона (февраль–май) – лишь 12–14%. Но даже в маловодные периоды выпадающие осадки активно используются сельскохозяйственными культурами, что должно учитываться при определении потребностей в воде на нужды орошения.

На малых реках воздействие хозяйственной деятельности, как правило, проявляется четко и в сравнительно короткие сроки. Обычно оно зависит от деятельности лимитирующего водопользователя, которым в рассматриваемом регионе в большинстве случаев является орошение. Кроме орошения на величину речного стока оказывают существенное влияние объемы воды, забираемой в бассейнах малых рек для водоснабжения промышленности, городского и сельского хозяйства (не только из русл рек, но и подземных источников, гидравлически связанных с реками).

Как и в юго-западных районах Беларуси, в бассейнах малых рек Вьетнама достаточно высока вероятность затоплений ценных пойменных земель и прилегающих к ним территорий. Но борьба с наводнениями не является конкурентом других участников ВХК. Наоборот, создание водохранилищ для срезки пика катастрофических расходов воды даёт возможность увеличить подачу воды из верхнего бьефа и попуск воды в нижний бьеф водохранилища в интересах других водопользователей.

Малые реки интенсивно используются для рекреации, любительского рыболовства, водного спорта. Судохозяйство и лесосплав на малых реках во Вьетнаме, как и в Беларуси, не практикуются. Создание ГЭС на малых реках Беларуси практически невозможно (по морфометрическим характеристикам), а во Вьетнаме гидроэнергетика может быть ведущим участником ВХК, но только в бассейнах горных районов (в наиболее благоприятных створах предгорных районов ГЭС уже построены).

Требования рыбного прудового хозяйства, как правило, не противоречат требованиям других участников ВХК, так как наполнение рыбоводных прудов производится в многоводные периоды. Во Вьетнаме этот вид водопользования менее актуален в связи с тем, что основной улов рыбы

производится в море и в устьях больших рек, а пресноводные рыбы выращиваются не только в наливных прудах, но и в рисовых чеках.

Водопользование в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама практически невозможно без регулирования речного стока, поскольку суммарные потребности в воде (в основном на нужды орошения) не покрываются выпадающими в вегетационные периоды осадками, а речной сток в эти периоды недостаточен. Прямой связи между объемом водохранилища и площадью орошения за счет этого объема не существует.

Для бассейнов малых рек Вьетнама и Беларуси, в которых лимитирующим водопользователем является или прогнозируется орошение, большинство параметров ВХК (объемы забора воды на другие, кроме орошения, нужды; гарантированные расходы воды в руслах рек по экологическим и другим требованиям), должно определяться согласно действующим национальным стандартам, а величина этих параметров служить ограничительными условиями для оптимизации важнейших параметров: емкости водохранилища комплексного назначения и площади орошаемых земель. В математических моделях оптимизации параметров ВХК дополнительно следует учитывать используемые в проектной практике зависимости потребностей в воде на орошение от осадков, выпадающих в течение вегетационного периода.

В главе 2 «Способ определения потребностей в воде на орошение, учитывающий выпадающие в вегетационный период осадки и взаимосвязь речного стока и осадков» установлены зависимости между гидрологическими, метеорологическими и водохозяйственными характеристиками, которые использованы для уточнения расчета потребностей в воде на орошение при оптимизации степени регулирования речного стока и площади орошения в бассейне.

Потребности в воде на нужды орошения зависят не только от выращиваемых на орошаемом поле сельскохозяйственных культур и климата, но и от выпадающих осадков. Но осадками практически невозможно управлять. Однако выпадающие осадки в свою очередь формируют речной сток, а стоком рек управлять можно с помощью его регулирования (создание водохранилищ). Поэтому по связи между осадками и речным стоком (если эта связь достаточно тесная), можно определить, каким образом величина речного стока связана с потребностями в воде на орошение, что особенно актуально для бассейнов рек предгорных районов Вьетнама, где в течение года собирают два – три урожая, а сток рек в различные вегетационные периоды может существенно (до 10 и более раз) отличаться. В малых речных бассейнах горных районов Вьетнама естественное регулирование речного стока невелико и существенных различий между режи-

мами речного стока и осадков не имеется (на рисунке 1), так как отклонение времени их формирования небольшое.

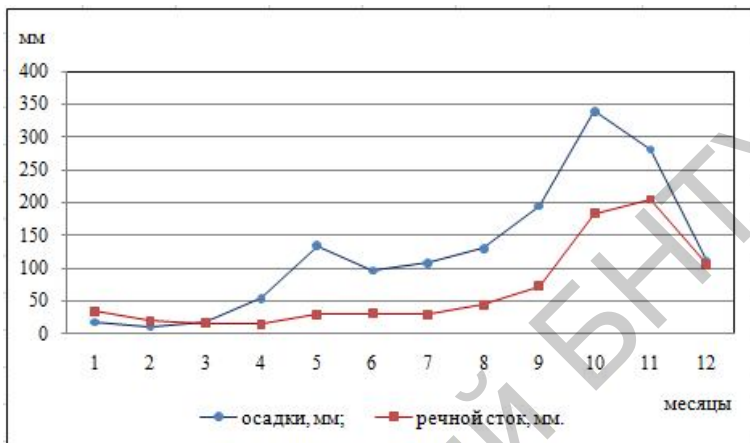


Рисунок 1. — График режимов осадков и речного стока бассейна Анкхе

Для определения тесноты связи речного стока и осадков произведена обработка и обобщение гидрологических и метеорологических данных за многолетний период (от 21 до 41 года) по существующим пунктам наблюдений в бассейнах 10 малых рек предгорных районов Вьетнама. В результате установлено, что связь речного стока и осадков достаточно высока во второй половине сухого сезона (коэффициенты корреляции находятся в пределах 0,49...0,90) и в последний месяц сезона дождей (коэффициенты корреляции изменяются от 0,52 до 0,92). Поэтому полученные для этих периодов уравнения регрессии вполне пригодны для более точного определения зависящих от выпадающих осадков потребностей в воде на орошение с учетом величин речного стока. На основе проведенных исследований соискателем получена следующая расчетная формула:

$$X_{IRR}^i = A^i - k^i R^i \geq 0, \quad (1)$$

где X_{IRR}^i — потребности в воде орошения, выраженные в виде слоя воды, мм, которую необходимо подать на орошаемое поле в течение расчетного интервала времени (i — го месяца или i — ой декады);

A^i — количество воды, требуемой растениям, мм;

R^i — слой речного стока, мм;

k — коэффициент, характеризующий соотношение между количеством воды, потребляемой культурами за счет эффективных осадков на рас-

считываемой площади орошения и речным стоком, который мог бы сформироваться от всех осадков, выпадающих на этой площади. Значение этого коэффициента сильно изменяется по временам года. Наибольшее его значение характерно для второй половины сухого сезона, когда речной сток формируется преимущественно за счет выпадающих осадков, а подземное питание речного стока существенно снижается и в отдельных случаях близко к нулю. В этот период коэффициент k для рассматриваемых малых рек находится в пределах от 3,2 до 5,0, а в мае месяце – от 3,6 до 6,3. Если произведение этого коэффициента на величину речного стока (kR^i) превышает количество воды, требуемой растениям (A^i), полив культур может не производиться.

По формуле (1) при одной и той же независимой величине A при минимальном речном стоке необходимый объем воды на нужды орошения будет достигать максимума, и наоборот, при большой величине речного стока потребность в воде на орошение X_{IRR} стремится к нулю. Следовательно, в период сезона дождей, когда необходимость полива сельскохозяйственных культур минимальна, эта связь может и не учитываться. Но в сухой сезон (особенно во второй его половине) учет этой связи обязателен.

Таким образом, в математической модели оптимизации объема забора воды на нужды орошения целесообразно определять с учетом величины и внутригодового распределения речного стока, зависящего от выпадающих осадков. Типичный график соотношения между потребностями в воде на орошение и речным стоком представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. – Графики потребностей в воде на орошение и стока реки Шонграк

В главе 3 «Разработка критерия оптимизации параметров ВХК» разработан новый критерий оптимизации основных параметров ВХК в усло-

виях отсутствия, неопределенности или большой погрешности исходных данных, необходимых для оптимизации по экономическим критериям.

С середины прошлого столетия наиболее распространенным критерием оптимальности параметров ВХК являлся минимум приведенных затрат, который в настоящее время модифицирован в минимум дисконтированных затрат при заданных объемах водопользования или максимум дохода за расчетный период времени. Однако применение этих «классических» критериев оптимальности связано с большими трудностями (особенно в последние годы), что связано как с увеличением изменчивости экономических показателей (вследствие инфляции, изменения ставок по кредитам, дефолтов и т.д.), так и с преднамеренным сокрытием экономических данных. Поэтому построить необходимые для оптимизации функции экономических затрат от водохозяйственных параметров в большинстве случаев не представляется возможным. В условиях ограниченности или большой погрешности исходных данных о зависимостях экономических показателей от водохозяйственных параметров соискателем предлагается критерий оптимизации (K), зависящий от степени регулирования речного стока и площади орошения, который определяется в виде следующей целевой функции:

$$K(F_{op}) = \frac{W_{e.op} + W_{ex}^{нпу}}{F_{op}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\text{при } F_{\max} \geq F_{op} \geq F_{e.op},$$

где $W_{e.op}$ – свободный остаточный естественный речной сток, м³, предназначенный для орошения (определяется по разности между величинами речного стока расчетного маловодного года и суммарными обязательными потребностями в воде других участников ВХК или принимается равным существующему объему воды, забираемой из реки на орошение за счет естественных водных ресурсов);

$W_{ex}^{нпу}$ – полный объем водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ), м³, который определяется в результате расчета регулирования речного стока маловодного года;

F_{op} – общая поливаемая в течение года площадь, га;

$F_{e.op}$ – гарантированная за счет естественного речного стока площадь орошения, га;

F_{\max} – максимальная орошаемая площадь, га, которая определяется, исходя из максимума располагаемых водных ресурсов, т.е. естественного и регулируемого речного стока, за счет которого может быть обеспечен

полив определенной площади сельскохозяйственных земель, или принимается равной максимальной площади пригодных для орошения земель.

Принципиальное отличие предлагаемого критерия оптимальности от разработанных другими авторами состоит не только в том, что он реализуем при отсутствии достоверной исходной экономической информации, но и ориентирован на оптимизацию не полезного, а полного объема водохранилища, от величины которого зависят потери воды на фильтрацию и дополнительное испарение с водной поверхности, степень заиления водохранилища, а также экономические затраты на создание и эксплуатацию водохранилища.

При отсутствии водохранилища выражение (2), т. е. критерий K , фактически является средневзвешенной нормой орошения. С увеличением полной емкости водохранилища критерий K вначале возрастает, поскольку рост полезной емкости отстает от роста полной емкости и площадь орошения увеличивается медленно, а затем (после достижения расчетного уровня мертвого объема) постепенно снижается и достигает своего минимума (но не превышая норму орошения) в районе НПУ, которым тоже можно варьировать. Критерий начинает снова возрастать, когда с увеличением полной емкости водохранилища ее полезная емкость увеличивается в гораздо меньшей степени вследствие значительной площади затоплений и роста дополнительного испарения с водной поверхности. Минимальное значение критерия K соответствует оптимальной емкости водохранилища и оптимальной площади орошения.

При реализации предложенного критерия необходимо соблюдать ряд водохозяйственных и экологических ограничений, учитывающих требования других участников ВХК (они рассматриваются в главе 4).

В **главе 4** «Методика оптимизации основных параметров ВХК» разработана методика оптимизации объемов водохранилищ комплексного назначения и площадей орошаемых земель в бассейнах малых рек, основанная на предлагаемом критерии с учетом полученной зависимости потребности в воде ведущего участника ВХК (орошение) от осадков и речного стока, а также ограничительных условий по требованиям других участников ВХК. В конечном итоге обеспечивается принятие эффективного решения при проектировании и строительстве гидроузлов комплексного назначения.

При реализации целевой функции (2) необходимо соблюдать следующие ограничения:

1. Полезный объем водохранилища, необходимый для покрытия дефицита воды в маловодный год расчетной обеспеченности, должен определяться из уравнения водохозяйственного баланса:

$$W_{ex.(t+1)} = W_{ex.(t)} + W_{печ.(t)} - W_{оп.(t)} - W_{ном.(t)} - W_{б.н.(t)} - W_{н.н.(t)} - W_{сбп.(t)}, \quad (3)$$

$$\text{при } W_{ex.}^{yMO} \leq W_{ex.(t)} \leq W_{ex.}^{Hny},$$

где t – порядковый номер расчетного интервала времени (по месяцам, $t = 1, 12$);

$W_{ex.(t+1)}$ и $W_{ex.(t)}$ – объемы водохранилища в конце и начале расчетного интервала, м³;

$W_{печ.(t)}$ – объем речного стока в t – й месяц, м³;

$W_{н.н.(t)}$ – попуск воды в русло нижнего бьефа по требованиям других водопользователей (без изъятия воды из источника), м³, который принимается равным максимуму объема воды для охраны природы, рекреации, рыбного хозяйства, гидроэнергетики и обеспечения водопользования на нижерасположенной территории или территории другого государства за каждый расчетный интервал времени;

$W_{б.н.(t)}$ – безвозвратное водопотребление других (кроме орошения) участников ВХК, осуществляющих изъятие воды из водного источника (водоснабжение городского и сельского населения, промышленное водоснабжение, заполнение рыбоводных прудов), м³;

$W_{ном.(t)}$ – объем воды, м³, теряемой в водохранилище (дополнительные испарение с водной поверхности и потери на фильтрацию),

$$W_{ном.(t)} = F_{ex-сред,t} \Delta Z_t + \alpha W_{ex-сп,t},$$

где $F_{ex-сред,t}$ – средняя в расчетном интервале времени площадь зеркала водохранилища, м²;

ΔZ_t – дополнительное испарение на единицу площади зеркала водохранилища, м;

α – коэффициент потерь на фильтрацию, зависящий от гидрогеологических условий водохранилищ;

$W_{ex-сп,t}$ – средний в расчетном интервале времени объем водохранилища, м³;

$W_{оп.(t)}$ – объем воды, выделяемой для орошения из водохранилища, м³, который определяется на основе норм орошения,

$$W_{оп.(t)} = \beta \sum_{i=1}^k q_{i(t)} F_i,$$

где k – количество типов культур года;

i – порядковый номер расчетной культуры ($i=1-k$);

β – повышающий коэффициент, учитывающий потери воды в магистральных каналах и во внутрихозяйственной оросительной сети;

$q_{i(t)}$ – нормативный объем воды на единицу орошаемой площади (или $q_{i(t)} = X_{IRR}^i$) i -ой культуры и t -го интервала времени, ($t=1-12$, в вегетационный период $q_i \geq 0$, а в другие месяцы $q_i = 0$), м³/га;

F_i – площадь каждой орошаемой культуры, га;

$W_{сбр.(t)}$ – вынужденный («холостой») сброс воды через сбросные сооружения при полном заполнении водохранилища, м³, включая форсированный объем, который в течение короткого интервала времени паводка направляется в нижний бьеф:

$$W_{сбр.(t)} = \max. \left[\begin{array}{l} (W_{ex.(t)} + W_{pec.(t)} - W_{op.(t)} - W_{nom.(t)} - W_{б.п.(t)} - W_{н.п.(t)}) - W_{ex.}^{нмь}; \\ 0 \end{array} \right], \quad (4)$$

$W_{ex.}^{нмь}$ – объем водохранилища при нормальном подпорном уровне, м³.

2. Объем водохранилища должен быть достаточным для срезки пика катастрофических расходов (для предотвращения ущербов от наводнений и затоплений).

$$W_{ex}^{нав.} \geq W_{ex}^{ак}, \quad (5)$$

где $W_{ex}^{нав.}$ – необходимый для борьбы с наводнениями полезный объем водохранилища при нормальном подпорном уровне, м³;

$W_{ex}^{ак}$ – объем воды, м³, аккумулируемой водохранилищем при НПУ (без учета форсированного объема) в периода паводка расчетной обеспеченности, при котором гарантируется не превышение уровней воды (или допустимого расхода $q_{мак}$) в нижнем бьефе для предотвращения недопустимых затоплений пойм и прилегающих территорий. Величины аккумулируемого объема воды $W_{ex}^{ак}$ и допустимого расхода $q_{мак}$ в нижнем бьефе определяются расчетом трансформации паводка водохранилищами.

В оптимизационных расчетах значение $W_{ex}^{нп}$ принимается как наибольшее из определенных согласно ограничениям (3) или (5).

3. Нормальный подпорный уровень водохранилища не должен превышать отметок, при которых возможны затопления особо ценных угодий, площадей промышленных и социальных объектов, культурных и исторических памятников, а уровни и расходы воды в нижнем бьефе должны

быть не ниже значений, регламентированных международными обязательствами, общественными, этическими, эстетическими и другими принципами и правилами.

Для выполнения расчетов по критерию (2) необходимы сведения о потребностях в воде на нужды орошения (по месячным или декадным интервалам времени) в зависимости от осадков, выпадающих в вегетационный период, потребностях в воде населения, промышленности, рыбного прудового хозяйства и других водопользователей; ресурсах речного стока по месячным или декадным интервалам времени в расчетный маловодный год; морфометрических характеристиках водохранилищ и затопляемых пойм рек; взаимосвязи полного и полезного объема водохранилища (учитывающие процессы заиления и требования охраны природы); зависимостях потерь на фильтрацию и дополнительное испарение с поверхности водохранилищ от их объема.

Алгоритм оптимизации сводится к выполнению следующих шагов:

Шаг 1. Сбор, анализ и переработка вышеперечисленных исходных данных;

Шаг 2. Определение конкретных значений ограничительных условий;

Шаг 3. Вычисление критерия оптимальности K_i по целевой функции с определением его минимального значения;

Шаг 4. Уточнение K_i согласно главным ограничительным условиям;

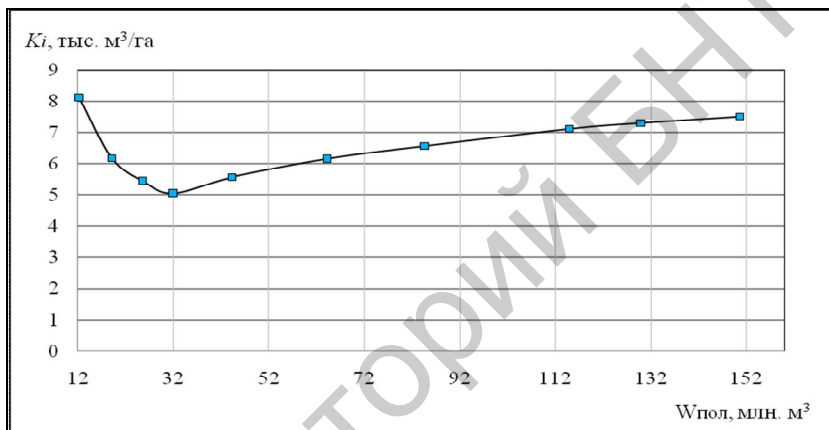
Шаг 5. Оценка результатов и принятие окончательного решения.

В главе 5 «Апробация разработанной методики на конкретных объектах» для апробации предложенного критерия оптимальности и алгоритма расчета из 600 водохранилищ, т.е. водоемов емкостью больше 1 млн. м³, выбраны два объекта, которые являются наиболее типичными по естественным условиям и особенностям водопользования в водосборах малых рек: Шонграк и Банмонг, которые расположены в предгорных районах Вьетнама.

Первый объект – это существующее водохранилище Шонграк, построенное в 1986 году с основной целью орошения земель в провинции Хатинь (центральный район) Вьетнама. В настоящее время спрос использования воды увеличивается, задачи и роль водохранилища изменяются. Поэтому разрабатывается проект реконструкции водохранилища Шонграк. Площадь водосбора бассейна – 115 км², среднегодовое количество осадков – 3066 мм, среднегодовой расход – 7,92 м³/с. Задачами объекта являются: орошение при сборе двух урожаев в год (2·8150 га); водоснабжение населения и промышленности (12 тыс. м³/сутки), рыбного прудового хозяйства (0,78 млн. м³/год), а также уменьшение ущерба от наводнений.

Таблица 1. – Результаты расчета по целевой функции – проект Шонграк

Параметры	Разные уровни параметров									
	$W_{пол.}$, млн. м ³	12,23	19,14	25,63	31,94	44,35	64,25	84,61	114,91	129,87
$W_{nl.}$, млн. м ³	4,74	10,57	16,33	22,05	33,50	52,20	71,57	100,07	114,18	133,90
$W_{умо.}$, млн. м ³	7,49	8,56	9,30	9,89	10,85	12,05	13,04	14,85	15,69	16,78
$F_{op.}$, га	1630	3260	4890	6520	8150	10595	13040	16300	17930	20212
K , тыс. м ³ /га	14,67	6,177	5,446	5,052	5,565	6,158	6,565	7,111	7,299	7,504

Рисунок 3. – Кривая изменения критерия K объекта Шонграк

При учете только первого ограничения (обязательности покрытия дефицита воды) рекомендуемого критерия, значения полной емкости водохранилища рассматриваются в диапазоне от 12,23 до 150,68 млн. м³ (в таблице 1 и на рисунке 3). В этом диапазоне получена экстремальная точка при $K_{мин} = 5,05$ тыс. м³/га и $W_{пол} = 31,94$ млн. м³, $W_{nl} = 16,33$ млн. м³, $F_{op} = 6590$ га. Однако в реальном проекте Шонграк имеется дополнительное ограничение по минимально необходимой для производства продовольствия площади орошения – 13040 га, а ограничение по требованиям борьбы с наводнениями не является безусловным (соблюдается лишь принцип «чем больше объем аккумулируемый воды для предотвращения паводков, тем лучше»). Тогда оптимальное значение емкости водохранилища изменяется. Для этого случая оптимальные значения параметров следующие: $K_{мин} = 6,565$ тыс. м³/га; $W_{пол} = 84,61$ млн. м³; $W_{nl} = 52,2$ млн. м³; $F_{op} = 13,04$ тыс. га.

Второй объект – Банмонг расположен на 7 км выше города Шонла в северной области Вьетнама. Площадь водосбора бассейна – 161 км², среднегодовое количество осадков – 1272 мм, среднегодовой расход – 2,68 м³/с. Задачами ВХК этого объекта являются: борьбы с наводнениями при речном стоке 5%-ой обеспеченности с обеспечением уровней воды в центре города не более 595,4 м; орошения сельскохозяйственной культуры – 1,21 тыс. га; водоснабжение населения и промышленности – 275 тыс. м³/сутки; минимальный расход в нижнем бьефе для охраны природы в размере 0,40 м³/с; а также ещё малая ГЭС до 1000 кВт.

Таблица 2. – Результаты расчета по целевой функции – проект Банмонг

Параметры	Разные уровни параметров										
	5,6	6,2	8,1	10,4	14,0	17,6	22,3	26,8	31,1	35,4	39,8
$W_{пол.}$, МЛН.М ³	5,6	6,2	8,1	10,4	14,0	17,6	22,3	26,8	31,1	35,4	39,8
$W_{пл.}$, МЛН.М ³	0,3	0,6	1,7	3,3	6,1	8,9	12,5	16,0	19,5	23,1	26,7
$W_{умо.}$, МЛН.М ³	5,3	5,6	6,4	7,1	7,9	8,7	9,8	10,8	11,6	12,3	13,0
$F_{ор.}$, га	242	484	847	1210	1815	2420	3025	3630	4235	4840	5386
K , тыс. м ³ /га	49,46	26,53	18,29	15,30	12,61	11,27	10,93	10,61	10,32	10,07	9,99

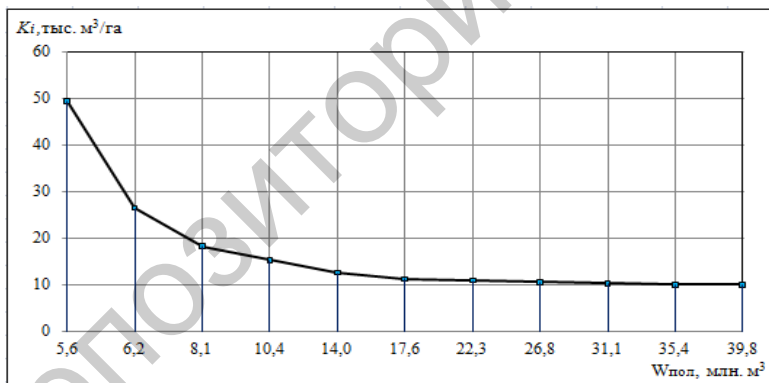


Рисунок 4. – Кривая изменения критерия K объекта Банмонг

Для объекта Банмонг, при рассмотрении только главных ограничений критерия: обязательность покрытия дефицита (первого ограничения) и борьба с наводнениями (второго ограничения), оптимальное значение находится в конце кривой (в таблице 2 и на рисунке 4, $K_{мин} = 9,99$ тыс. м³/га.). Однако, при рассмотрении дополнительного ограничения (максимальная возможная площадь орошаемых земель – 1815 га) оптимальное значение емкости водохранилища изменяется. Таким образом, с учетом вышеупомянутых ограничений получены оптимальные значения

параметров: $K_{\min} = 12,61$ тыс. м³/га; $W_{\text{пол}} = 14$ млн. м³; $W_{\text{пл}} = 6,1$ млн. м³; $F_{\text{оп}} = 1815$ га.

Для подтверждения корректности предлагаемого критерия необходимо сравнить результат расчета по данному критерию с результатом расчета традиционными методами по экономическим критериям, (минимуму дисконтированных затрат или максимуму дисконтированного дохода). В данной работе использован критерий максимума индекса рентабельности PI применительно к двум объектам, по которым имелась относительно достоверная экономическая информация. Для вычисления индекса рентабельности использована следующая формула:

$$PI = \frac{PV}{I} = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{(C - I_k)F_{\text{оп}} - PV_0}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{(I_c + I_{p,t} + I_{\text{эк},t})}{(1+i)^t}}, \quad (6)$$

где PI – индекс рентабельности инвестиций;

PV – сумма дисконтированных денежных потоков (дисконтированная прибыль), долл.;

I – сумма дисконтированных затрат на строительство и эксплуатацию объекта, долл.;

N – расчетная продолжительность проекта, год, здесь $N = 30$ лет;

t – коэффициент, обозначающий интересующий инвестора период (момент расчетного года), $t = 1 - 30$;

i – ставка обесценивания капитала за данное время (показатель инфляции), $I = 10\%$;

C – выручка на единицу орошаемой площади, долл./га, зависящая от средней урожайности и стоимости продукции (в настоящее время соответственно 7 – 7,5 тонн риса на 1 га и ~ 300 долл. за 1 тонну);

I_k – сумма сельскохозяйственных затрат для выращивания урожая на единицу орошаемой площади, долл./га, (затраты на семена, удобрения, оплату труда, машины и т.д.), $I_k = (0,45 - 0,5) \cdot C$;

$F_{\text{оп}}$ – площадь орошаемых земель, га;

PV_0 – прибыль каждого года при отсутствии водохранилища (орошение за счет естественного речного стока), долл.;

I_c – единовременные инвестиции, долл., которые зависят от оптимизируемых параметров ВХК: площади орошения (линейная зависимость) и емкости водохранилища (зависимость вида $I_c = f(w, n)$, где n коэффициент, учитывающий снижение удельных затрат;

$I_{p,t}$ – затраты на капитальный ремонт, долл.;

$I_{\text{эк},t}$ – остальные эксплуатационные затраты каждого года, долл..

Проведен расчет по экономическому критерию применительно к двум проектам. Результаты расчета по одному из них (проекту Шонграк) показаны в таблице 3 и на рисунке 5.

Таблица 3. – Результаты расчета по экономическому критерию – проект Шонграк

Показатели	Разные уровни параметров									
Полный объем водохранилища, млн. м ³	12,2	19,1	25,6	31,9	44,4	64,3	84,6	114,9	129,9	150,7
Стоимость строительства, млн. долл.	15,27	22,85	29,71	36,22	48,67	67,94	87,04	114,65	128,00	146,32
Капремонт, каждые 6 лет, тыс. долл.	129	180	225	265	339	447	550	692	758	848
Затраты эксплуатации, тыс. долл.	376	526	655	773	989	1306	1605	2019	2213	2474
Площадь орошения, га	1630	3260	4890	6520	8150	10595	13040	16300	17930	20212
Общий доход, тыс. долл.	1708	3415	5123	6830	8538	11099	13660	17076	18783	21174
Индекс рентабельности PI, %	0,81	1,10	1,28	1,40	1,31	1,23	1,19	1,14	1,12	1,11

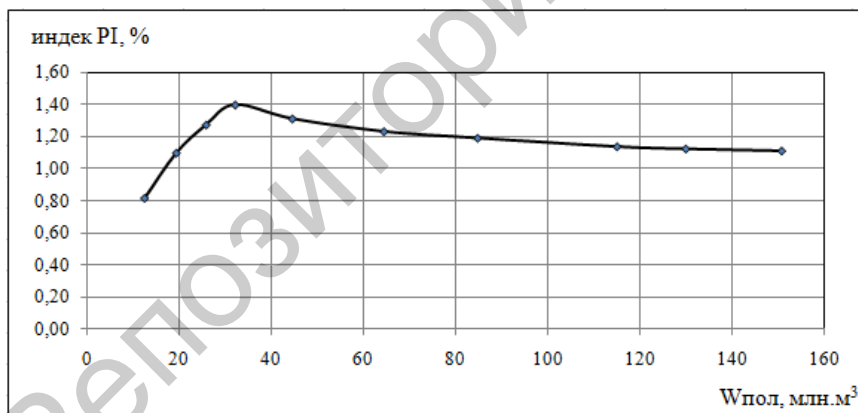


Рисунок 5. – Кривая рентабельности в зависимости от полного объема водохранилища Шонграк

Сравнение результатов по предлагаемому и экономическому критериям проектов Шонграк и Банмонг (таблицы 2, 3, рисунки 4, 5 и приложение 3 диссертации) показывает, что полученные оптимальные значения практически совпадают и эта тенденция сохраняется при изменении анализируемых параметров в больших диапазонах. Даже на границах доверительного интервала статистической связи между стоимостными показателями

телями и водохозяйственными параметрами такое совпадение тоже получено, хотя размер отклонений немного увеличивается.

Таким образом, подтверждена корректность предлагаемого критерия, который является новым с методологической точки зрения и рекомендуется при большой погрешности, недостаточности или отсутствии необходимых для оптимизации исходных данных о взаимосвязи экономических показателей и водохозяйственных параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты работы

1. Разработан критерий оптимизации параметров ВХК, лимитирующими участниками которого являются орошение и борьба с наводнениями, в виде минимума суммы свободного естественного и регулируемого объема речного стока на единицу орошаемой площади с выполнением ограничений по требованиям борьбы с наводнениями, водоснабжения, рыбного прудового хозяйства, гидроэнергетики и охраны природы. Отличие предлагаемого критерия от критериев других авторов состоит не только в том, что он реализуем при отсутствии достоверной исходной экономической информации, но и ориентирован на оптимизацию не полезного, а полного объема водохранилища, от величины которого зависят потери воды на фильтрацию и дополнительное испарение с водной поверхности, степень заиления водохранилища, а также экономические затраты на создание и эксплуатацию водохранилища [2, 3, 4].

2. Уточнен способ расчета объемов воды, забираемой из источника на нужды орошения, учитывающий выпадающие в вегетационный период осадки и характерную для малых рек взаимосвязь осадков и речного стока в отдельные периоды года [1, 2]. Для большинства рассматриваемых малых рек Вьетнама определены индивидуальные для речного бассейна значения поправочных коэффициентов, которые дифференцированы по месячным интервалам времени сухого периода и сезона дождей [1, 2, 4].

3. Разработана методика оптимизации параметров ВХК, использующая разработанный критерий и учитывающая особенности малых рек, в бассейнах которых лимитирующим водопользователем является орошение, а также реальные возможности информационного обеспечения процесса принятия решений. Наибольшее влияние на величину критерия оптимизации оказывают мертвый объем водохранилища, зависящий от заиления и требований охраны природы, потери на дополнительное испарение и фильтрацию, а также особенности режима речного стока малых рек [4].

Сравнение результатов расчета по разработанному критерию с результатом расчета традиционными методами по экономическим критериям (минимуму дисконтированных затрат и максимуму дисконтированного

дохода) подтверждают корректность предложенного критерия оптимальности. В случае наличия достаточно полной и надежной информации о взаимосвязи экономических показателей и водохозяйственных параметров целесообразно использовать и традиционные экономические критерии оптимальности как для дополнительного подтверждения обоснованности принимаемого решения, так и для его стоимостной оценки.

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Способ уточненного расчета потребностей в воде на орошение (учитывающий осадки и речной сток вегетационного периода) предназначен для проектирования водохранилищ ирригационного назначения, а также для уточнения диспетчерских правил сработки и наполнения существующих водохранилищ.

2. Предложенный критерий оптимизации параметров водохозяйственного комплекса может быть использован:

– при планировании новых или реконструкции существующих водохозяйственных комплексов, лимитирующим водопользователем которых является орошение;

– при установлении оптимальной очередности строительства оросительных систем в водосборах малых рек того или иного региона, а также для сравнения разных створов плотин водохранилищ ирригационного назначения на одном водотоке.

3. Разработанная методика оптимизации основных параметров ВХК может быть использована в проектах строительства и реконструкции водохозяйственных комплексов, в схемах комплексного использования водных ресурсов малых рек.

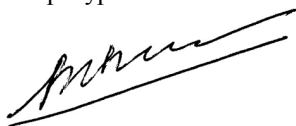
4. Результаты диссертационной работы внедрены:

– компанией ОАО VRG Dak Nong в проектах строительства и реконструкции водохозяйственных комплексов в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама;

– в проекте строительства водохранилища Шонграк с увеличением рентабельности проекта на 7,5 % (от первоначально запланированной);

– в учебном процессе Ханойского строительного университета при чтении лекций по дисциплине «Планирование ирригационно-гидроэнергетических сооружений»;

– в учебном процессе Белорусского национального технического университета при чтении лекций по дисциплине «Рациональное использование и охрана водных ресурсов».



СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, включенных в перечень ВАК Беларуси

1. Фам Нгок Киен, Обоснование объемов и режимов подачи воды на орошение в зависимости от стока рек предгорных районов Вьетнама / Фам Нгок Киен // Наука и техника. – 2015. – №2. – С. 61–66.
2. Фам Нгок Киен, Критерии оптимизации параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама / Фам Нгок Киен // Наука и техника. – 2016. – №2. – С. 124–128.
3. Колобаев А. Н., Обоснование состава и основных параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек Беларуси и Вьетнама / А. Н. Колобаев, Фам Нгок Киен // Вестник. – 2016. – №2. – С. 11–14.
4. Фам Нгок Киен, Методика оптимизации основных параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек / Фам Нгок Киен // Мелиорация. – 2016. – №2(76). – С. 52–61.

Статьи в научных сборниках материалов конференций

5. Фам Нгок Киен, Особенности водохозяйственного комплекса в бассейнах рек предгорных районов Вьетнама / Фам Нгок Киен // материалы докладов на Международной научной конференции «Природная среда полей: особенности и перспективы развития». – Брест, 2014. – С. 78–80.
6. Колобаев, А. Н., Обоснование состава водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек Беларуси и Вьетнама / А. Н. Колобаев, Фам Нгок Киен // Сборник научных работ Международной научно-практической конференции. – Брест, 2016. – С. 68–73.
7. Фам Нгок Киен, Методика оптимизации основных параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек / Фам Нгок Киен // Сборник научных работ Международной научно-практической конференции. – Брест, 2016. – С. 142 – 149.
8. Pham Ngoc Kien, Relations between irrigation water and current in small rivers at the bottom of the hill in Vietnam / Pham Ngoc Kien // International scientific conference on “Green growth and energy for ASEAN”. – Hanoi, 2014. – P. 187–192.

Тезисы докладов

9. Фам Нгок Киен, Состояние и перспективы развития гидроэнергетики Вьетнама / Фам Нгок Киен // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 11-й Международной научно-технической конференции. – Т.1. – Минск: БНТУ, 2013. – С. 134.
10. Фам Нгок Киен, Критерии оптимизации параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама / Фам Нгок Киен // Наука – образованию, производству, экономике: мате-

риалы 13-й Международной научно-технической конференции. – Т.1. – Минск: БНТУ, 2015. – С. 150.

11. Фам Нгок Киен, Оптимизация основных параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек Вьетнама / Фам Нгок Киен // Сборник тезисов докладов научной конференции. – Минск: БНТУ. – 2016.

Репозиторий БНТУ

РЭЗІЮМЭ
Фам Нгок Киен

**Аптымiзацыя параметраў вадагаспадарчага комплексу
(на прыкладзе малых рэк прадгорных раёнаў В'етнама)**

Ключавыя словы: вадагаспадарчы комплекс, Вадакарыстальнікі, аптымiзацыя параметраў, аб'ём вадасховiшча, плошча арашэння, малыя рэкі, прадгорны раён.

Мэта працы: абгрунтаванне складу і распрацоўка метадыкі аптымiзацыі асноўных параметраў вадагаспадарчага комплексу ў дачыненні да басейнаў малых рэк прадгорных раёнаў В'етнама.

Аб'ектам даследавання: з'яўляўся вадагаспадарчы комплекс у басейнах малых рэк прадгорных раёнаў В'етнама.

Прадмет даследавання: параметры вадагаспадарчага комплексу ў басейнах малых рэк.

Метады даследавання: сістэмны аналіз, фактарны аналіз, матэматычная апрацоўка і абагульненне гідралагічнай, вадагаспадарчай і эканамічнай інфармацыі, карэляцыйна-рэгрэсійны аналіз.

Атрыманыя вынікі:

– тэарэтычна абгрунтаваны і пацверджаны разлікамі на рэальных аб'ектах «крытэрыі аптымiзацыі параметраў вадагаспадарчага комплексу» (у выглядзе мінімуму сумы вольнага натуральнага і рэгуляванага аб'ёму рачнога сцёку на адзінку абрашанай плошчы);

– распрацавана метадыка ўдакладненага разліку патрэбнасці ў вадзе на абрашэнне, якая ўлічвае выпадаючыя ў вегетацыйны перыяд ападкі і ўзаемасувязь ападкаў і рачнога сцёку малых рэк;

– распрацавана метадыка аптымiзацыі параметраў ВХК, якая выкарыстоўвае распрацаваны крытэрыі і ўлічвае устаноўленыя залежнасці патрэбнасці ў вадзе вядучага ўдзельніка ВХК (абрашэнне) ад ападкаў і рачнога сцёку, абмежавальныя ўмовы згодна з патрабаваннямі ўсіх іншых вадакарыстальнікаў, а таксама асаблівасці вадакарыстання і фарміравання рачнога сцёку на малых рэках.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: атрыманыя вынікі могуць быць выкарыстаны пры праектаванні вадагаспадарчых комплексаў, у праектах іх рэканструкцыі, а таксама ў схемах комплекснага выкарыстання водных рэсурсаў малых рэк прадгорных раёнаў В'етнама і паўднёвага захаду Беларусі.

РЕЗЮМЕ

Фам Нгок Киен

Оптимизация параметров водохозяйственного комплекса (на примере малых рек предгорных районов Вьетнама)

Ключевые слова: водохозяйственный комплекс, водопользователи, оптимизация параметров, объем водохранилища, площадь орошения, малые реки, предгорный район.

Цель работы: обоснование состава и разработка методики оптимизации основных параметров водохозяйственного комплекса применительно к бассейнам малых рек предгорных районов Вьетнама.

Объектом исследования являлся водохозяйственный комплекс в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама.

Предмет исследования – параметры водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек.

Методы исследования: системный анализ, факторный анализ, математическая обработка и обобщение гидрологической, водохозяйственной и экономической информации, корреляционно-регрессионный анализ.

Полученные результаты:

– теоретически обоснован и подтвержден расчетами на реальных объектах **«критерий оптимизации параметров водохозяйственного комплекса»** (в виде минимума суммы свободного естественного и регулируемого объема речного стока на единицу орошаемой площади);

– разработана методика уточненного расчета потребностей в воде на орошение, учитывающая выпадающие в вегетационный период осадки и взаимосвязь осадков и речного стока малых рек;

– разработана методика оптимизации параметров ВХК, использующая разработанный критерий и учитывающая установленные зависимости потребностей в воде ведущего участника ВХК (орошение) от осадков и речного стока, ограничительные условия согласно требованиям всех других водопользователей, а также особенности водопользования и формирования речного стока на малых реках.

Рекомендации по использованию: полученные результаты могут быть использованы при проектировании водохозяйственных комплексов, в проектах их реконструкции, а также в схемах комплексного использования водных ресурсов малых рек предгорных районов Вьетнама и юго-запада Беларуси.

SUMMARY

Pham Ngoc Kien

Optimization of parameters for water resources system (using the example of small rivers in submontane regions of Vietnam)

Keyword: water resources system, water users, optimization of parameters, reservoir volume, irrigation areas, small rivers, submontane region.

Work Objective: substantiation of the composition and development of methodology for optimization of basic parameters for water resources system in respect to the basins of small rivers in submontane regions of Vietnam.

Object of Investigations: water resources system in the basins of small rivers in submontane regions of Vietnam.

Subject of Investigations: parameters of water resources system in the basins of small rivers.

Methods of Investigations: system analysis, factor analysis, mathematical processing and generalization of hydrological data, water management information and economic data, correlation and regression analysis.

The obtained results:

– "Criteria for optimization of parameters for water resources system" (as minimum sum of free natural and regulated river flow volume per irrigated area unit) has been theoretically substantiated and proved by calculations for real-life objects;

– a methodology for specified calculation of water requirements for irrigation has been developed in the paper, The methodology takes into account precipitations during vegetation period and relationship between precipitations and river flow of small rivers;

– a methodology for optimization of parameters for water resources system has been developed in the paper, The methodology is using the developed criteria and it takes into account the ascertained dependences in water requirements for a leading member of water resources system (irrigation) from precipitation and river flow, restrictive conditions according to the requirements of all other water users, as well as specific features of water use and formation of small river flows.

Recommendations on application: the obtained results can be used for designing water resources systems, re-designing the systems, schemes of complex utilization of water resources of small rivers in submontane regions of Vietnam and south western part of Belarus.

Научное издание

Фам

Нгок Киен

**ОПТИМИЗАЦИЯ
ПАРАМЕТРОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА
(НА ПРИМЕРЕ МАЛЫХ РЕК ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНОВ ВЬЕТНАМА)**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.07 – Гидротехническое
и мелиоративное строительство

Подписано в печать 13.12.2016. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,51. Уч.-изд. л. 1,18. Тираж 80. Заказ 1067.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.