

УДК 504.062.2:556.18 (075.8)+556.18:681.5

Критерии оптимизации параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама

Асп. Фам Нгок Киен¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2016
Belarusian National Technical University, 2016

Реферат. Регулирование речного стока позволяет удовлетворить противоречивые требования различных участников водохозяйственного комплекса. В последние годы во Вьетнаме головные участники водохозяйственного комплекса все чаще ведут борьбу с наводнениями, что характерно также для бассейнов рек юго-западной части Беларуси. В этих условиях очевидно создание водохранилищ. Однако степень регулирования стока, т. е. величина полезной емкости водохранилища, подлежит технико-экономическому обоснованию с учетом особенностей речного бассейна. В статье рассмотрены особенности малых рек предгорных районов Вьетнама. Предполагается, что основное водопользование осуществляется в процессе орошения. Поэтому требования других участников водохозяйственного комплекса (особенно по защите от наводнений) учитывались минимально. Предложен критерий оптимизации параметров водохозяйственного комплекса, включающего в основном орошение и борьбу с наводнениями, в виде минимума регулируемого объема речного стока на единицу орошаемой площади с выполнением ограничений по требованиям борьбы с наводнениями, а также водоснабжения, рыбного прудового хозяйства, гидроэнергетики и охраны природы. Применение математических моделей на основе экономических критериев оптимизации параметров водохозяйственного комплекса возможно в крайне редких случаях вследствие отсутствия, недостаточности или большой погрешности исходных данных.

Ключевые слова: водохранилище, водохозяйственный комплекс, критерий оптимизации, орошение, борьба с наводнением, водопользователь

Для цитирования: Фам Нгок Киен. Критерии оптимизации параметров водохозяйственного комплекса в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама / Нгок Киен Фам // *Наука и техника*. 2016. Т. 15, № 2. С. 126–130

Criteria for Optimizing Parameters of Water Resources System in Basins of Small Rivers in Submontane Regions of Vietnam

Pham Ngoc Kien¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Regulation of a river flow makes it possible to meet contradictory requirements of various participants of water resources systems. In recent years the main participants of water resources systems pay a lot of attention to flood prevention in Vietnam and water floods are rather typical for river basins in the South-West of Belarus. Due to such circumstances it looks rather reasonable to create water storage reservoirs. However, degree of flow regulation that is value of the reservoir useful capacity must have a techno-economic justification with due account of river basin specific features. The paper considers particularities of small rivers in pre-mountainous regions of Vietnam. It is expected that the main water use occurs during irrigation processes. For this reason the requirements of other water resources systems participants (especially requirements on flood protection) have come into account in a minimum way. The paper proposes a criterion for optimization of water resources systems parameters and in this case the main participants are irrigation and flood prevention. The criterion reflects minimum regulated volume of river flow per unit of irrigated area while observing restrictions pertaining to flood control,

Адрес для переписки

Фам Нгок Киен
Белорусский национальный технический университет
просп. Независимости, 150,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 267-71-74
kienpecc1@gmail.com

Address for correspondence

Pham Ngoc Kien
Belarusian National Technical University
150 Nezavisimosty Ave.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 267-71-74
kienpecc1@gmail.com

water supply, pond fish farms, water power engineering and environmental protection. Application of mathematical models on the basis of economic criteria for optimization of the water resources systems parameters is possible rather rare due to absence, shortage or poor accuracy in initial data.

Keywords: water storage reservoir, water resources system, optimization criterion, irrigation, flood, prevention, water user

For citation: Pham Ngoc Kien (2016) Criteria for Optimizing Parameters of Water Resources System in Basins of Small Rivers in Submontane Regions of Vietnam. *Science & Technique*. 15 (2), 126–130 (in Russian)

Водопользование в бассейнах рек предгорных районов Вьетнама, как и во многих регионах других государств, практически невозможно без регулирования речного стока. Именно с помощью стокорегулирующих водохранилищ появляется возможность обеспечить противоречивые требования различных участников водохозяйственного комплекса (ВХК). Компоненты ВХК могут включать: орошение; хозяйственное водоснабжение; водоснабжение промышленности, сельского хозяйства и животноводства; рыбное хозяйство; сохранение минимальных расходов воды в русле реки для рекреации и охраны природы; гидроэнергетику и борьбу с наводнениями. Если десять лет назад в бассейнах рек Вьетнама основным водопользователем (головным участником ВХК) считалась гидроэнергетика, то в настоящее время с учетом прогнозируемого изменения климата на первый план выходят борьба с наводнениями и орошение. Это характерно также для бассейнов рек юго-западной части Беларуси. В большинстве случаев наибольшие потребности в воде (в основном на нужды орошения) не покрываются выпадающими в вегетационные периоды осадками, а естественный речной сток в эти периоды недостаточен для обеспечения водой всех пользователей в необходимом объеме. В таких условиях создание водохранилищ очевидно. Однако степень регулирования стока, т. е. величина полезной емкости водохранилища (или каскада водохранилищ), подлежит технико-экономическому обоснованию с учетом особенностей речного бассейна. Полезная емкость водохранилища является основным параметром любого ВХК.

Критерии оптимизации емкости водохранилищ применительно к ВХК, включающего в основном орошение, — цель настоящей работы. При этом учитываются характерные для бассейнов рек предгорных районов Вьетнама особенности [1, 2], при которых не существует прямой связи между полезным объемом водохранилища и площадью орошения за счет этого

объема, а потребности в воде орошения сильно изменяются в течение года не только в зависимости от выпадающих осадков, но и от периодов сбора урожая, структуры сельскохозяйственных культур, погодных условий. Предполагается, что требования других участников ВХК (особенно по защите от наводнений) учитываются минимально. Принимаемые условия характерны для таких рек Вьетнама, как Бан Монг, Нган Чыой и других, а также для притоков Припяти и Западного Буга в Беларуси.

Вопросы оптимизации параметров ВХК изучены многими авторами. Основные положения используемых методов опубликованы в [2–4], а также в других изданиях. Для Вьетнама эти вопросы рассмотрены в [1, 5–8]. Во всех вышеупомянутых исследованиях использовались математические модели, основанные на критериях оптимизации применительно к тому или иному речному бассейну и составу участников ВХК. Например, Фан Ки Нам [7] разработал математическую модель оптимизации с использованием критерия максимума выработки электроэнергии в системе каскада водохранилищ. В [9] исследованы вопросы управления многоцелевым водохранилищем по критерию максимума гидроэнергетики с обеспечением потребностей других участников ВХК. Фам Фу [6] создана модель планирования водопользования в пределах речного бассейна и установления оптимальной структуры каскадов водохранилищ, в первую очередь предназначенных для выработки электроэнергии. Чаще других задачи оптимизации решались для ВХК, участниками которого являлись ирригация, гидроэнергетика и борьба с наводнениями, но применительно к крупным речным бассейнам.

В [1] проанализирована оросительная ирригационная система бассейна в Индии с двумя конфликтующими целями, которыми являются максимальная чистая экономическая выгода и максимальная орошаемая обеспеченная пло-

щадь. Нгуен Тхьонг Банг [1] для достижения оптимальных параметров сети водохозяйственных комплексов упростил цели ВХК, сведя их к двум: максимуму выработки электроэнергии в сухом сезоне и минимуму площади зеркала водохранилищ. Для малых бассейнов предложенные методы расчета не адаптированы. До практического воплощения доведены методы, ориентированные на оптимизацию какой-либо одной цели: гидроэнергетики, орошения или борьбы с наводнением. В тех случаях, когда авторами исследованы совместно две или три цели, ведущим участником ВХК являлась гидроэнергетика.

Таким образом, к настоящему времени вопросы оптимизации параметров ВХК, главными участниками которого являются орошение и борьба с наводнениями, другими авторами не изучены. Для их решения требуется обоснование приемлемого критерия оптимизации. На основе анализа перечисленных и других не цитируемых в данной статье работ можно сделать вывод, что в мировой практике используются следующие критерии оптимизации:

- экономические [1];
- неэкономические, связанные с достижением определенной цели [1, 6, 7, 9].

Экономические критерии, разработанные в прошлом столетии, не претерпели существенных изменений и подразделяются на два основных вида:

- минимум дисконтированных (приведенных к одному и тому же моменту времени) затрат на строительство и эксплуатацию ВХК при заданном объеме сельскохозяйственной или иной продукции (разновидностью этого критерия может быть минимум денежных средств на 1 га орошаемых культур);
- максимум дисконтированного дохода (в течение заданного срока реализации проекта) от всех видов водохозяйственной деятельности в процессе функционирования ВХК (в первую очередь от продажи риса и другой сельскохозяйственной продукции).

Эти критерии применяются при наличии достаточно полной и надежной информации о стоимостных показателях строительства и эксплуатационных затратах в зависимости от водохозяйственных параметров ВХК. Применительно к рассматриваемым регионам Вьетнама

упомянутая выше исходная информация практически недоступна. Поэтому автор предлагает относящийся ко второй группе следующий критерий оптимизации: минимум регулируемого объема речного стока на единицу орошаемой площади в виде целевой функции

$$f(F_{\text{ор}}) = \frac{W_{\text{е.ор}} + W_{\text{вх}}^{\text{НПУ}}}{F_{\text{ор}}} \rightarrow \min, \text{ при } F_{\text{ор}} \geq F_{\text{е.ор}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{е.ор}}$ – естественный речной сток, м^3 , предназначенный для орошения (с учетом удовлетворения обязательных потребностей других участников ВХК); $W_{\text{вх}}^{\text{НПУ}}$ – полный объем водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ), м^3 ; $F_{\text{ор}}$ – общая поливаемая в течение года площадь, га; $F_{\text{е.ор}}$ – гарантированная за счет естественного речного стока площадь орошения, га.

При отсутствии водохранилища (нулевом значении $W_{\text{вх}}^{\text{НПУ}}$) выражение (1) фактически является средневзвешенной нормой орошения. С увеличением полного объема водохранилища критерий (1) вначале стремительно возрастает, поскольку полезная емкость близка к нулю и площадь орошения не изменяется, а затем (после достижения уровня мертвого объема (УМО)) постепенно снижается и достигает своего минимума (но не превышая норму орошения) в районе НПУ, которым тоже можно варьировать. Критерий начинает возрастать, когда с увеличением полной емкости водохранилища его полезный объем увеличивается в гораздо меньшей степени вследствие значительной площади затоплений и роста дополнительного испарения с водной поверхности.

При реализации предложенного критерия необходимо соблюдать ряд водохозяйственных и экологических ограничений, учитывающих требования других участников ВХК. Основными из них являются:

1. Емкость водохранилища должна быть достаточной для срезки пика катастрофических расходов (уменьшения ущербов от наводнений и затоплений)

$$W_{\text{вх}}^{\text{пл}} \geq W_{\text{реч}}^{T_1} - W_{\text{тер}}^{T_1} - W_{\text{вех}}^{T_1} - W_{\text{ор}}^{T_1} - W_{\text{др}}^{T_1} - [W_{\text{форс}}], \quad (2)$$

где T_1 – время периода паводка; $W_{\text{реч}}^{T_1}$ – объем речного стока в расчетный период паводка;

$W_{\text{вх}}^{\text{пл}}$ – полезный объем водохранилища; $W_{\text{тер}}^{T_1}$ – объем воды, теряемой в водохранилище (дополнительные испарения с водной поверхности и потери на фильтрацию); $W_{\text{вех}}^{T_1}$ – забор воды из верхнего бьефа водохранилища (во время паводка, особенно в бассейнах малых рек предгорных районов Вьетнама; величины $W_{\text{тер}}^{T_1}$ и $W_{\text{вех}}^{T_1}$ незначительны по сравнению с другими составляющими, поэтому они могут не учитываться); $W_{\text{ор}}^{T_1}$ – максимально возможный объем воды, проходящей через водопропускные сооружения, предназначенные для целей орошения; $W_{\text{др}}^{T_1}$ – максимально возможный пропуск воды через специальные сооружения (при их наличии) по требованиям других (кроме орошения) участников ВХК (энергетика, водоснабжение городского и сельского населения, промышленное водоснабжение, заполнение рыбоводных прудов); $[W_{\text{форс}}]$ – допустимый форсированный объем сброса воды (не приводящий к затоплениям в нижнем бьефе).

2. Обеспечение забора воды из верхнего бьефа водохранилища и пропуска воды в нижний бьеф по требованиям всех участников ВХК в расчетный маловодный период

$$W_{\text{вх}}^{\text{пл}} \geq W_{\text{реч}}^{T_2} - W_{\text{тер}}^{T_2} - W_{\text{ор}}^{T_2} - W_{\text{б.п}}^{T_2} - W_{\text{н.п}}^{T_2}, \quad (3)$$

где T_2 – время расчетного маловодного периода; $W_{\text{реч}}^{T_2}$ – объем речного стока; $W_{\text{тер}}^{T_2}$ – то же воды на потери (дополнительные испарения с водной поверхности водохранилищ и потери на фильтрацию); $W_{\text{ор}}^{T_2}$ – безвозвратное водопотребление орошения; $W_{\text{б.п}}^{T_2}$ – то же других (кроме орошения) участников ВХК, осуществляющих изъятие воды из водного источника (водоснабжение городского и сельского населения, промышленное водоснабжение, заполнение рыбоводных прудов); $W_{\text{н.п}}^{T_2}$ – пропуск воды в русло нижнего бьефа по требованиям других участников (без изъятия воды из источника), который принимается равным величине максимума потребностей гидроэнергетики, охраны природы, обеспечения водопользования на рас-

положенной ниже территории другого государства за каждый расчетный интервал времени (в различные периоды лимитирующими могут быть разные водопользователи).

Потребности гидроэнергетики определяют согласно [10, 11]. Минимально необходимый объем воды для обеспечения требований охраны природы в Республике Беларусь принимается равным 75 % от минимального месячного речного стока 95%-й обеспеченности, а во Вьетнаме – равным среднему расходу воды сухого (маловодного) сезона года 90%-й обеспеченности [12]. Для трансграничных рек следует также учесть объем воды, который необходимо оставить в реке для другого государства (согласно двусторонним соглашениям).

3. Кроме того, за пределами оптимизации следует учитывать ряд ограничений, связанных с недопущением затоплений ценных угодий, социальных объектов, культурных и исторических памятников, а также с выполнением международных обязательств, общественных, этических, эстетических и других принципов и правил [13].

ВЫВОДЫ

1. Применение математических моделей на основе экономических критериев оптимизации параметров водохозяйственного комплекса возможно в крайне редких случаях вследствие отсутствия, недостаточности или большой погрешности исходных данных.

2. Предложен критерий оптимизации параметров водохозяйственного комплекса, включающего в основном орошение и борьбу с наводнениями, в виде минимума регулируемого объема речного стока на единицу орошаемой площади с выполнением ограничений по требованиям борьбы с наводнениями, а также водоснабжения, рыбного прудового хозяйства, гидроэнергетики и охраны природы.

3. Предлагаемый критерий позволит оптимизировать не только емкость водохранилища многоцелевого назначения, но и обосновать площади орошаемых земель при рациональной структуре поливаемых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нгуен Тхыонг Банг. Оптимизация ирригационной гидроэнергетической системы в многоцелевом водопользовании / Тхыонг Банг Нгуен. М., 2002. 140 с.
2. Проектирование схем комплексного использования водных ресурсов / пер. с англ.; под ред. Т. Л. Золотарева, В. И. Обрезкова. М.: Энергия, 1966. 334 с.
3. Воропаев, Г. В. Моделирование водохозяйственных систем аридной зоны СССР / Г. В. Воропаев, Г. Х. Исмаилов, В. М. Федоров. М.: Наука, 1984. 313 с.
4. Пряжинская, В. Г. Компьютерное моделирование в управлении водными ресурсами / В. Г. Пряжинская, Д. М. Ярошевский, Л. К. Левит-Гуревич. М.: Физматлит, 2002. 496 с.
5. Нгуен Чонг Шинь. Выбор режимов и параметров водохранилищ комплексного использования для выработки энергии и борьба с наводнением / Чонг Шинь Нгуен. М.: Национ. библ., 1971. 152 с.
6. Фам Фу. Задача о проектировании схем использования речных источников и оптимальной структуре каскадов водохранилищ в основном использовании для гидроэнергетики / Фу Фам. М.: Национ. библ., 1979. 173 с.
7. Фан Ки Нам. Оптимальное расположение каскадов гидроэлектростанций / Ки Нам Фан. М.: Национ. библ., 1973. 126 с.
8. Фам Нгок Киен. Особенности водохозяйственного комплекса в бассейнах рек предгорных районов Вьетнама / Нгок Киен Фам // Материалы докладов Междунар. науч. конф. «Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития». Брест, 2014. С. 78–80.
9. Basnyat, D. B. Optimum Development and Management of Multi-Purpose Reservoir System in the Karnali River of Nepal / D. B. Basnyat. Bangkok: AIT, 1990.
10. Планирование развития вьетнамской национальной электроэнергетической системы на период 2011–2020 гг. и взгляды на развитие до 2030 г.: утверждение № 1208/QĐ-TTg, 2011.
11. Фам Нгок Киен. Обоснование объемов и режимов подачи воды на орошение в зависимости от стока рек предгорных районов Вьетнама / Нгок Киен Фам // Наука и техника. 2015. № 2. С. 61–66.
12. Вьетнамский национальный регламент. Национальный технический регламент о гидротехнических сооружениях: основные условия для проектирования: QCVN 04-05: 2012/BNNPTNT. Ханой, 2012. 47 с.
13. Колобаев, А. Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов / А. Н. Колобаев. Минск: БНТУ, 2005. 172 с.

Поступила 10.11.2015

Подписана в печать 27.01.2016

Опубликована онлайн 30.03.2016

REFERENCES

1. Nguyen Thuong Bang (2002) *Optimization of Irrigation Hydraulic Power Systems in Multi-Purpose Water Use*. Moscow. 140 (in Russian).
2. Zolotareva T. L., Obrezkova V. I. (eds.) (1966) *Designing of Schemes for Complex Usage of Water Resources*. Moscow, Energiya. 334 (in Russian).
3. Voropaev G. V., Ismailov G. H., Fiodorov V. M. (1984) *Modeling of Water-Resources Systems in the USSR Arid Zones*. Moscow, Nauka. 313 (in Russian).
4. Priazhinskaya V. G., Yaroshevsky D. M., Levit-Gourevich L. K. (2002) *Computational Simulation in Management of Water Resources*. Moscow, Fizmatlit. 496 (in Russian).
5. Nguyen Trong Sinh (1971) *Selection of Regimes and Parameters for Multi-Purpose Reservoirs in Order to Generate Power and Fight the Floods*. Moscow. 152 (in Russian).
6. Pham Phu (1979) *Designing Problem of Schemes for River Sources and Optimum Structure of Reservoir Cascades in their Main Usage for Hydraulic Power*. Moscow. 173 (in Russian).
7. Phan Ky Nam (1973) *Optimum Arrangement of Hydraulic Power Station Cascades*. Moscow. 126 (in Russian).
8. Pham Ngoc Kien (2014) Peculiar Features in Multi-Purpose Water Resource Complex of River Basins in Sub-Areas in Vietnam. *Prirodnaia Sreda Polesia: Osobennosti i Perspektivy Razvitiia: Materialy Dokladov Mezhdunar. nauch. konf.* [Natural Environment of Polesie: Its Peculiar Features and Prospects of Development. Proceedings of International Scientific Conference]. Brest, 78–80 (in Russian).
9. Basnyat D. B. (1990) *Optimum Development and Management of Multi-Purpose Reservoir System in the Karnali River of Nepal*. Bangkok, AIT.
10. Plan for Development of Vietnamese National Electrical Power System for 2011–2020 and Viewpoints on its Development up to 2030: Approval: No 1208/QĐ-TTg, 2011.
11. Pham Ngoc Kien (2015) Substantiation of Water Supply Volume and Regimes for Irrigation According to River Flow in Sub-Mountain Areas of Vietnam. *Nauka i Tekhnika* [Science and Technique], (2), 61–66 (in Russian).
12. Vietnamese National Regulations. National Technical Regulations on Hydro-Technical Constructions. Principal Conditions for Designing: QCVN 04-05: 2012/BNNPTNT. Hanoi, 2012. 47 p.
13. Kolobaev A. N. (2005) *Rational Usage and Conservation of Water Resources*. Minsk: BNTU [Belarusian National Technical University]. 172 (in Russian).

Received: 10.11.2015

Accepted: 27.01.2016

Published online: 30.03.2016