

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

А. М. Осепян

К вопросу энерго-экономических расчетов при
 сезонном и многолетнем регулировании
 гидроэнергосистем¹

Вопросы выбора нормы обеспеченности и связанные с ним вопросы определения оптимальной мощности ГЭС являются весьма актуальными. Этим вопросам советскими учеными посвящен ряд исследований.

С. А. Кукель-Краевский пишет [11, стр. 170—171]:

„Каждый раз, когда в СССР строилась и проектировалась ГЭС, находились авторитетнейшие специалисты, которые стремились снизить ее мощность и возражали против увеличения числа и мощности устанавливаемых на ней агрегатов, аргументируя снижением показателей использования генератора при таком повышении мощности. На заре нашего электростроительства считали преувеличенной выбранную Г. О. Графтио мощность Волховской ГЭС. Только И. В. Егiazаров еще в 1919 году в своих трудах и выступлениях подчеркивал необходимость увеличения мощности этой электроцентрали, имея в виду ее работу в большой системе, в то время, как у нас и на Западе господствовали примитивные представления о значении числа часов использования мощности ГЭС“.

В решении 1-го Совещания по регулированию стока, созванного секцией по научной разработке водохозяйственных проблем и состоявшегося в 1946 году [12, стр. 224], отмечено, что некоторые весьма актуальные вопросы энерго-экономического проектирования остаются не разрешенными.

В резолюции совещания говорится:

„Совещание считает необходимым организовать научную разработку принципов технико-экономического сравнения различных вариантов, неустановленность которых является наиболее больным местом водохозяйственного проектирования“.

С. Н. Крицкий и М. Ф. Менкель в опубликованной ими статье, посвященной вопросу выбора величины расчетной обеспеченности, несколько сгущая краски, пришли к следующему выводу [21, стр. 58]:

¹ Печатается в порядке обсуждения.

„Заканчивая краткое изложение вопроса об обеспеченности, как характеристики устойчивости работы водохозяйственных установок, необходимо еще раз подчеркнуть, что современная практика проектирования не опирается в решении этого вопроса ни на экономический расчет, ни даже на достаточно выдержанные логические основания.

Это обстоятельство приводит к неоправданным размерам сооружений—в одних случаях чрезмерным, в других—недостаточным и наносит, хотя не явно выраженный, но вполне реальный ущерб народному хозяйству“.

Научный подход к энерго-экономическим расчетам требует исследования комплексных технико-экономических показателей.

Между отдельными фазами процесса производства электроэнергии и потребления ее существует непрерывная и непосредственная связь, что приводит к такой же связи между режимом производства электроэнергии и режимом потребления.

Рациональный в экономическом отношении режим работы гидроэлектростанции может оказаться неприемлемым в том же отношении для потребителей электроэнергии.

Поэтому, руководствуясь законами материалистической диалектики [1], необходимо рассмотреть вопрос в комплексе, и для удовлетворения требованиям планового социалистического хозяйства изучить элементы комплекса в их взаимосвязи.

Органическая связь между развитием энергетики и народным хозяйством охарактеризована товарищем Сталиным в следующих словах [2, стр. 254]: „...под электрификацией страны Ленин понимает не изолированное построение отдельных электростанций, а постепенный «перевод хозяйства страны, в том числе и земледелия¹, на новую техническую базу, на техническую базу современного крупного производства», связанного так или иначе, прямо или косвенно, с делом электрификации“.

Применение материалистического диалектического метода выражается, кроме того, в рассмотрении энерго-экономических показателей не отдельных изолированных гидроэлектростанций, а электросистем, причем в комплексе с потребителем электроэнергии.

Большое значение комплексного регулирования в энергетике отмечено в работах чл.-корр. АН СССР В. И. Вейца [13, 14, 15].

Но методы энерго-экономических характеристик комплексного регулирования не получили должного развития в гидроэнергетике [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

В теории и практике энерго-экономических расчетов исследования ограничиваются рамками энергосистемы [16, стр. 2; 5, стр. 115], что не дало возможности решить ряд принципиальных вопросов гидроэнергетики.

¹ Курсив И. В. Сталина.

К последним, в первую очередь, относится вопрос определения расчетных норм обеспеченности гидроэлектростанций.

На первом Всесоюзном совещании по регулированию речного стока, созванном в 1946 г. Академией наук СССР, секция по научной разработке водохозяйственных проблем отметила следующее [12, стр. 243]: «Совещание отмечает отсутствие ясности в вопросе о нормативных значениях обеспеченности, которые должны приниматься в расчетах регулирования стока для различных видов потребителей (энергетика, промышленное и питьевое водоснабжение и др.) и обращает внимание руководящих инстанций на важность определенных директивных указаний с их стороны по этому вопросу».

Прежде чем узаконить расчетные нормативы обеспеченности в директивном порядке, необходимо дать теоретическое решение этого вопроса.

Вопросу расчетной нормы обеспеченности посвящена статья проф. В. Г. Айвазяна «Определение расчетных норм обеспеченности гидроэлектростанций» [18].

В упомянутой статье автор дает правильное направление решения этой задачи. Он пишет: «Увеличение мощности регулирующей станции $N_{\text{рег.}}$, дублирующей в системе мощность, установленную на рассматриваемой гидростанции, приводит к увеличению издержек в энергосистеме, но вместе с тем ведет к уменьшению недодачи энергии потребителю и сокращению дефицита энергии в промышленности или у бытового потребителя, в результате чего снижается ущерб, наносимый потребителю в период неполного его удовлетворения».

Задача сводится к нахождению оптимального, с точки зрения народного хозяйства в целом, решения, при котором суммарные издержки в энергосистеме и ущерб у потребителя оказались бы минимальными, т. е. чтобы:

$$I_{\text{сист.}} + I_{\text{ущ.}} = \min.$$

Проф. Айвазян не разработал методики расчетов по определению величины ущерба $I_{\text{ущ.}}$. Он пишет:

«Вопрос установления значения $I_{\text{ущ.}}$ является предметом специального экономического и хозяйственного исследования».

С. Н. Никитин [19], на основе обобщения большого опыта проектирования гидростанций в Советском Союзе, дана методика водно-энергетических расчетов. В этой работе С. Н. Никитин совершенно справедливо отмечает, что вопрос выбора величины расчетной обеспеченности, несмотря на его актуальность, не нашел своего теоретического разрешения.

В этой же работе народно-хозяйственный ущерб, получаемый при работе станции в маловодные сезоны,* предлагается оценивать по стоимости продукции, невыработанной промышленными предприятиями в те же периоды.

Мы полагаем, что этот способ решения задачи не может найти широкого применения в практике проектирования, так как исходные положения этого способа расчета недостаточно обоснованы. Действительно:

1) принятие в расчетах обеспеченности, выбранной по методу С. Н. Никитина, не дает возможности достаточно четко планировать выпуск продукции электроемкой промышленностью. При планировании народного хозяйства нет возможности учесть изменения стока на несколько лет вперед ввиду отсутствия методов его прогнозирования;

2) ущерб для народного хозяйства, получаемый от недодачи продукции, С. Н. Никитин учитывает в величине стоимости самой продукции, между тем недодачи известного количества продукции приводит к балансовым нарушениям между отдельными отраслями производства и потери народного хозяйства могут далеко превзойти по величине стоимость самой продукции.

В своей последней работе, посвященной вопросу выбора многолетней нормы обеспеченности, С. Н. Никитин [17] выдвинул следующие мероприятия, которые должны обеспечить выработку постоянного количества электроэнергии на незарегулированных в многолетнем разрезе энергосистемах:

а) полное или частичное использование в маловодные периоды аварийного резерва;

б) уплотнение графика нагрузки системы.

Осуществление этих мероприятий, по заявлению С. Н. Никитина, не приводит к народно-хозяйственным потерям.

Возникает вопрос—если уплотнение графика нагрузки не приводит к народно-хозяйственному ущербу, то почему отказываться от его осуществления в периоды более низкой обеспеченности?

Комплексного метода исследования при регулировании энергосистем стремятся придерживаться также и другие энергетики Советского Союза.

Так, например, в своем труде, посвященном вопросу проектирования гидростанций, Д. С. Щавелев пишет [20, стр. 4]: «Проектирование электрических станций, в том числе и выбор установленной мощности ГЭС, основывается на нахождении наилучших решений для всего народного хозяйства, включая потребителей энергии». Далее (стр. 5): «В качестве экономического критерия наивыгоднейшей величины установленной мощности гидроэлектрической станции принимается, получивший широкое распространение в практике проектирования гидростанций, критерий минимума издержек по всему народному хозяйству за длительный период времени с учетом перспектив развития народного хозяйства».

Но приняв правильную исходную позицию для решения задачи выбора мощности ГЭС, Д. С. Щавелев не разработал метода

расчета, который мог быть применен в проектной практике. Он пишет: „Вопрос о теоретическом обосновании метода подсчета издержек, т. е. метода экономических расчетов не входит в тему настоящей диссертации“ (там же, стр. 5).

Само собой разумеется, что нельзя произвести выбора установленной мощности исходя из принципа минимума издержек в народном хозяйстве, когда не дана методика расчетов этого минимума.

Из приведенного краткого обзора видно, что метод исследования вопроса сезонного и многолетнего комплексного регулирования нельзя считать разработанным, насколько об этом можно судить по энерго-экономической литературе. Авторы, пытавшиеся разрешить эту проблему, тщетно старались установить взаимосвязь между расчетной величиной народно-хозяйственного ущерба, получаемого от недовыпуска известного количества предусмотренной государственным планом продукции, и экономией, получаемой благодаря планированию производства на основе метода рассмотрения производителя энергии в комплексе с ее потребителем (при работе потребителя на переменном графике энергоснабжения).

Эта задача решена в нашей работе следующим образом. При установлении эффективности размера участия потребителей-регуляторов в годичном и многолетнем регулировании народно-хозяйственные затраты приняты из расчета выпуска заводом продукции одного и того же вида в одном и том же количестве при работе в двух режимах: по постоянному и переменному графику.

Поэтому, до сравнения вариантов, мощности ГЭС должны быть выбраны с расчетом покрытия потребности в энергии при условии выпуска одного и того же объема продукции.

При выборе варианта мощности нужно иметь в виду условие, согласно которому объем выпущенной продукции оставался бы неизменным.

Токой подход к решению задачи освобождает от необходимости проведения бесплодных расчетов по определению потерь, которые возникают в связи с недовыпуском продукции в объеме, предусмотренном народно-хозяйственным планом.

При отсутствии всех видов регулирования за расчетный должен быть принят минимальный расход маловодного года, который обычно настолько мал, что не обеспечивает рентабельной работы гидроэлектростанции.

При годичном регулировании режима работы гидроэлектростанции потребителями-регуляторами расчетный год также принимается минимальный, а за расчетный расход принимается тот, который значительно повышает обеспеченный круглый год. Это обстоятельство значительно повышает коэффициент использования стока, а также рентабельность гидроэлектростанции [22, 23 и 24].

Но годичное регулирование потребителями-регуляторами нельзя рассматривать в отрыве от многолетнего регулирования.

Несмотря на то, что электроемкая промышленность в большинстве случаев себя вполне оправдывает, как годичный регулятор, нельзя отказаться от возможности получения дополнительного количества продукции на свободных мощностях, имеющихся на электроемком заводе и на гидростанции в годы низкой обеспеченности.

В этом случае получается дополнительный народно-хозяйственный эффект без каких-либо новых капитальных вложений и с минимальными издержками производства, при почти даровой электроэнергии; что же касается вопроса обеспечения потребителей-регуляторов дополнительным количеством сырья и материалом, то и этот вопрос не представляет особых трудностей, так как электролитический аммиак не требует какого-либо сырья, а сырье для карбидного и ферросплавного производства не дефицитное, и в основной массе добывается на месте силами и средствами самого завода.

Получение дополнительной продукции сверх народно-хозяйственного плана не связано с какими-либо трудностями. Такие ценные продукты, вырабатываемые сверх плана, как, например, азотные удобрения, ферросплавы и, наконец, карбид-кальция в условиях планового хозяйства всегда могут быть легко реализованы.

На худой конец можно отказаться от дополнительной продукции, так как выпуск ее электроемкой промышленностью в объеме, предусмотренном народно-хозяйственным планом, в рассматриваемом случае обеспечивается в маловодном году с минимальными издержками [24].

Вопрос гарантированного обеспечения продукцией в количестве, предусмотренном народно-хозяйственным планом, намного осложняется в тех случаях, когда государственный план ориентируется на электроэнергию, вырабатываемую в годы меньшей обеспеченности, чем маловодный.

Этот вопрос может быть разрешен двумя способами.

Первый способ заключается в том, чтобы в многоводные годы была резервирована часть продукции для покрытия дефицита, получаемого в маловодные годы. Этот способ решения задачи связан со значительными народно-хозяйственными трудностями. Эти трудности в основном обусловлены наличием цикличности в ходе маловодных и многоводных периодов, а также неразработанностью вопроса методики надежного прогнозирования объема и режима стока рек на ряд лет вперед.

Второй способ решения задачи заключается в размещении электроемкой промышленности в различных районах Советского Союза, со снабжением ее электроэнергией от гидростанций, использующих сток с различными гидрологическими режимами.

При электрическом кустовании гидростанций, реки, на которых работают эти гидростанции, обычно расположены в известной близости друг от друга и принадлежат к одному климатическому району.

ну, т. е. эти реки имеют почти что сходные (конформные) гидрографы. Поэтому в данных условиях кустование станций сравнительно мало содействует выравниванию выработки электроэнергии по годам.

Другое положение получается при многолетнем регулировании ГЭС потребителями-регуляторами. В этом случае взаимное регулирование потребителей не требует сооружения длинных линий передачи, что создает возможность широкого использования стока рек разных климатических зон.

В соответствии с этим недовыработка одного и того же вида продукции, выпускаемого заводом потребителем-регулятором, расположенным в одном районе, будет компенсирована продукцией потребителя-регулятора, находящегося в другом районе.

Ниже, в таблице 1, приведены примеры, показывающие, что большая удаленность друг от друга рек различных климатических зон затрудняет, а порой и исключает возможность электрического регулирования гидростанций, использующих сток этих рек.

Таблица 1

Колебание модульного коэффициента стока рек за 1938—1944 гг.

Годы	Наименование рек						
	Кура в створе А	Кура в створе Б	Рион	Ингур	Чирчик	Кама	Амур
1938	91	82	67	120	80	70	120
1939	104	100	79	123	96	83	94
1940	130	127	147	100	101	82	97
1941	100	89	97	118	147	118	123
1942	99	103	108	82	148	115	102
1943	72	86	87	66	114	124	109
1944	92	116	117	100	95	105	65

Из таблицы видно, что за многолетие в большинстве случаев водность Куры, Риона и Ингура не совпадает с водностью рек Чирчика, Камы и Амура.

1944 год является маловодным годом для рек Грузии, в то время как для Чирчика, Камы и Амура он многоводный; наоборот, многоводный для грузинских рек 1940 г. является маловодным для Чирчика, Камы и Амура.

Нами исследован более длинный (35-летний) гидрологический ряд для трех крупнейших рек Советского Союза: Чирчика, Днепра и Волги.

Гидрологический ряд для этих рек характеризуется следующими показателями, приведенными в таблице 2; данные таблицы представляют расходы 6 месячной обеспеченности.

Таблица 2

Гидрологические показатели	Число лет в процентах		
	Чирчик, Волга	Чирчик, Днепр	Волга, Днепр
Сочетание многоводных лет	11	17	14
Сочетание многоводных со средним годом	3	0	3
Сочетание средних по водности лет	0	0	3
Сочетание средних по водности лет с маловодными	17	11	6
Сочетание маловодных лет	17	29	29
Сочетание многоводных лет с маловодными	52	43	46

Эти данные с полной очевидностью показывают, что потребители-регуляторы могут играть серьезнейшую роль в вопросе многолетнего регулирования при объединении энергосистем.

Потребители-регуляторы имеют ряд преимуществ перед тепловыми станциями при многолетнем регулировании.

Общезвестно, что в основу расчетов по определению мощности регулирующей станции принимается маловодный период за многолетие.

Экономичность использования потребителей-регуляторов контролируется по маловодному году.

Вопросы многолетнего регулирования не могут быть полностью разрешены потребителями-регуляторами, но электроемкие производства, размещенные у ГЭС, использующих сток рек с различными гидрологическими режимами, позволяют значительно сократить объем регулирующих водохранилищ.

Уменьшение объема водохранилищ происходит благодаря высокой вероятности несовпадения величин водностей на реках различных климатических зон.

Необходимо также иметь в виду, что регулирование гидро-энергосистемы потребителями-регуляторами не требует капитальных вложений в сооружение линий передачи.

Этот вид регулирования не вызывает также дополнительных издержек, имеющих место при электрическом регулировании в связи с передачей энергии на дальние расстояния.

Экономичность использования потребителей-регуляторов контролируется по их работе в маловодный год.

В многоводные годы использование производственной мощности электроемкого потребителя получается более высоким.

Иначе обстоит с тепловыми станциями, мощность которых выбирается по маловодному периоду маловодного года.

В многоводные периоды простаивают значительные мощности теплового регулятора.

Это обстоятельство снижает экономичность тепловых станций.

Кроме того, сам расчет экономического выбора установленной мощности ГЭС становится неопределенным. Кроме всего этого потребители-регуляторы играют серьезнейшую роль в повышении коэффициента использования стока при комбинированном регулировании с водохранилищами.

Полное решение проблемы энергетической и экономической эффективности объединения энергетических систем с участием потребителей-регуляторов выходит за рамки настоящей статьи.

Мы считаем доказанным в этой работе то, что проблема многолетнего регулирования гидроэнергосистемы может быть разрешена при рассмотрении вопроса комплексно, с обязательным участием в процессе регулирования потребителей-регуляторов.

Методика расчета для выбора экономичного режима работы гидросистемы при комплексном годичном и многолетнем регулировании разработана в наших работах [23 и 24].

В ы в о д ы

1. Проблема многолетнего регулирования гидросистемы может быть разрешена при участии в процессе регулирования потребителей-регуляторов.

2. Потребители-регуляторы позволяют снизить необходимые объемы водохранилищ годового и многолетнего регулирования, предназначенных для регулирования работы гидроэнергосистемы.

3. Использование различия в гидрологических режимах водотоков, находящихся в отличных друг от друга климатических зонах, в вопросе регулирования выпуска продукции электроемких производств должно сыграть значительную роль в проблеме объединения энергосистем СССР.

Поступило 15 V 1952

Водно-энергетический институт
АН Армянской ССР

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сталин И. В. Вопросы ленинизма. Издание XI.
2. Сталин И. В. Сочинения, том XI.
3. Гидроэнергопроект МЭС. Инструкция по определению эффективности гидроэлектростанции в целом и ее параметров, 1945.
4. Веденев Б. Е. К вопросу о методологии определения стоимости энергии при проектировании гидроэлектростанций. „Гидротехническое строительство“, № 1—2, 1945.
5. Зодотарев Т. Л. Гидроэнергетика, 1950.
6. Айвазян В. Г. Методика энерго-экономических расчетов при проектировании гидроэлектрических станций, 1943 (руководство—диссертация).
7. Егизаров И. В. Гидроэлектрические силовые установки, ч. I, 1934.

8. Морозов А. А. Использование водной энергии. 1948.
9. Мостков М. А. Основы теории гидроэнергетического проектирования. 1948.
10. Губин Ф. Ф. Гидроэлектрические станции. 1949.
11. Кукель-Краевский С. А. Электроэнергетическая система. 1938.
12. Труды первого совещания по регулированию стока. 1946.
13. Вейц В. И. Развитие электротехники в Советском Союзе за 30 лет. Общая энергетика. "Электричество", № 11, 1947.
14. Вейц В. И. О производстве энергетическом коэффициенте полезного действия комбинированного промышленного производства. Известия АН СССР, отд. технич. наук, № 7, 1948.
15. Вейц В. И. Энергетическое комбинирование и энергетический коэффициент полезного действия промышленного производства. Известия АН СССР отделение технических наук, № 8, 1949.
16. Золотарев Т. Л. Проблемы гидроэнергетической науки. "Гидротехническое строительство", № 4, 1949.
17. Никитин С. Н. Обеспеченность работы гидроэлектростанции и выбор ее параметров. "Гидротехническое строительство", № 5, 1951.
18. Айвазян В. Г. Определение расчетных норм обеспеченности гидроэлектростанций. "Гидротехническое строительство", № 5, 1947.
19. Никитин С. Н. Методика водно-энергетического проектирования. 1949.
20. Шавелев Д. С. Основы выбора установленной мощности гидроэлектрических станций в сложных энергетических системах. Автореферат диссертации, 1950.
21. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Ущерб от ограничения воды и энергопотребления как факторы, определяющие целесообразные размеры водохозяйственных установок. "Проблемы регулирования речного стока", № 4, 1950.
22. Осепян А. М. Карбидные и ферросплавные электропечи как потребители-регуляторы сезонной гидроэнергии. "Электричество", № 8, 1949.
23. Осепян А. М. Выбор многолетней нормы обеспеченности при комплексном регулировании режима работы гидроэнергосистем. Известия АН Армянской ССР (серия ФМЕТ наук), № 2, 1951.
24. Осепян А. М. Выбор экономичного режима работы гидроэнергосистемы при комплексном годичном регулировании. Известия АН Армянской ССР (серия ФМЕТ наук), № 4, 1951.

Ա. Մ. Հովսեփյան

ԷՆԵՐԳԱ-ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿՆԵՐԻ ՀԱՐՑԻ ՀՈՒՐԶԸ՝ ՀԻԴՐՈՍԻՍՏԵՄՆԵՐԻ ՏԱՐԵԿԱՆ ԵՎ ԲԱԶՄԱՄՅԱ ԿԱՆՈՆԱՎՈՐՄԱՆ Դ Ե Պ Ք Ո Ւ Մ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Բազմամյա կանոնադրման ապահովության նորմայի բնորոշումը և նրա հետ կապված՝ հիդրոսխյանի օգտին ապահովության որոշման հարցերը, չնայած իրենց ահապառնակության, մինչև այժմ բավարար չափով չեն լուծվում:

Հոգսմամբ ցույց է տրվում, որ հիդրոսխյանի բազմամյա կանոնադրման խնդիրը կարելի է լուծել ապահով-կանոնադրիչների օգնությամբ:

Սղառիչ-կանոնավորիչները հիդրոսխեմի կանոնավորման գործում առավելություններ ունեն համեմատած ջերմային կայանների հետ, և միաժամանակ թույլ են տալիս փոքրացնելու տարեկան և բազմամյա կանոնավորման համար նախատեսված ջրամբարի ծավալը:

ՍՍՌՄ էներգոսխեմների միավորման հարցում մեծ գեր պետք է ունենա կլիմայական տարրերի գոտիներում գտնվող գետերի հիդրոսխեմիկան բեմիների զանազանությունն օգտագործումը: