

Оригинальная статья

УДК 502/504: 627.82:532.59

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-4-67-74

ОЦЕНКА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И СОЛНЕЧНЫХ СТАНЦИЙ КОМПЛЕКСНЫХ ГИДРОУЗЛОВ

ЧЕРНЫХ ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА¹✉, канд. техн. наук, профессор
gtsmgup@mail.ru✉

БУРЛАЧЕНКО АЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА², канд. техн. наук, доцент
chtara@mail.ru

ВОЛШАНИК ВАЛЕРИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ³, д-р техн. наук, профессор
tvg1806@gmail.com

УМАРУ ХАМАНДЖОДА⁴, канд. техн. наук

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия

² Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ); 125319, г. Москва, Ленинградский проспект, 64, Россия

³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия

⁴ Международная компания Royal IHC, г. Дуала, Республика Камерун

Представлены результаты оценки и анализа режимов работы гибридного энергокомплекса при конструктивном и технологическом совмещении гидравлических электростанций (ГЭС) с солнечными энергетическими установками (СФЭУ) при наличии в природоохранном гидроузле водохранилища сезонного либо суточного регулирования. Подробно рассмотрены аспекты работы ГЭС с несаморегулирующейся деривацией: при работе в графике нагрузки с максимальной мощностью, равной установленной, и при среднесуточной мощности по водотоку, приближающейся к обеспеченной. Установлено, что в первом случае влияние режима СФЭУ на совместную работу с ГЭС заключается в перемещении части графика нагрузки гидроэлектростанции с максимальной мощностью к базисной части графика. Во втором случае влияние режима СФЭУ заключается в изменении переменной части графика нагрузки, но ГЭС в отличие от первого случая сохраняет свое положение в графике нагрузки энергосистемы. Режим работы ГЭС в гибридном энергокомплексе становится более равномерным, и при этом необходим меньший объем бассейна суточного регулирования (БСР). Для рассмотренного примера максимальная в течение суток мощность ГЭС возросла с 50 МВт до 54 МВт. Выявлено, что уже при выработке СФЭУ в 18% от суточной выработки ГЭС объем БСР требуется примерно в два раза меньше. В результате можно повысить действующий напор на ГЭС, входящей в состав гибридной системы, и получить соответствующий эффект по мощности и выработке электроэнергии.

Ключевые слова: гидравлическая электростанция, солнечная фотоэлектрическая установка, водноэнергетический режим, межень, деривационная ГЭС, бассейн суточного регулирования

Формат цитирования: Черных О.Н., Бурлаченко А.В., Волшаник В.В., Хаманджода У. Оценка совместной работы гидравлических и солнечных станций комплексных гидроузлов // Природообустройство. – 2021. – № 4. – С. 67-74. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-4-67-74.

© Черных О.Н., Бурлаченко А.В., Волшаник В.В., Хаманджода У., 2021

Original article

ASSESSMENT OF JOINT OPERATION OF HYDRAULIC AND SOLAR POWER PLANTS OF COMPLEX HYDRAULIC UNITS

CHERNYH OLGA NIKOLAEVNA¹✉, candidate of technical sciences, professor
gtsmgup@mail.ru✉

BURLACHENKO ALENA VLADIMIROVNA², candidate of technical sciences, associate professor
chtara@mail.ru

Rubin O.D., Lisichkin S.E., Kuznetsov S.Yu., Balagurov V.B., Baklykov I.V.

Experimental studies of reinforced concrete structures made of light high-strength concrete (applicable to the design of the dry floating bulkhead)

VOLSHANIK VALERIY VALENTINOVICH³, *doctor of technical sciences, professor*

tvgl806@gmail.com

UMARU HAMANJODA⁴, *candidate of mechanical sciences*

3575262173@qq.com

¹ Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, Timiryazevskaya, 49. Russia

² Moscow automobile-road state technical university (MADI); 125319, Moscow, Leningradsky prospect, 64. Russia

³ National research Moscow state university of civil engineering 129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26. Russia

⁴ Royal IHC International Company, Douala, Republic of Cameroon

The results of the assessment and analysis of the operating modes of the power complex with the constructive and technological combination of hydraulic power plants (HPPs) with solar power plants (SFEU) in the presence of seasonal or daily regulation in the environmental hydro system are presented. The aspects of the operation of a hydroelectric power station with non-self-regulating derivation are considered in detail: when working in a load schedule with a maximum power equal to the installed one, and when the average daily power along the watercourse is approaching the provided one. It was found that in the first case, the influence of the SPEU regime on the joint work with the hydroelectric power station is to move a part of the load graph of the hydroelectric power plant with the maximum power to the base part of the schedule. In the second case, the influence of the SPEU mode consists in changing the variable part of the load graph, but the HPP, in contrast to the first case, retains its position in the load graph of the power system. The mode of operation of the hydroelectric power station becomes more uniform and at the same time, a smaller volume of the daily regulation basin (DRB) is required. For the example considered, the maximum power of the hydroelectric power station during the day increased from 50 MW to 54 MW. It has been revealed that even with the production of SPEU in 18% of the daily production of hydroelectric power plants, the volume of DRB is required approximately two times less. As a result, it is possible to increase the operating head at the hydroelectric power station and obtain the corresponding effect on power and electricity generation.

Keywords: *hydraulic power plant, solar photovoltaic plant, water-power regime, low-water period, derivation hydroelectric power station, daily regulation pool*

Format of citation: *Chernyh O.N., Burlachenko A.V., Volshanik V.V., U. Hamanjoda. Assessment of joint operation of hydraulic and solar power plants of complex hydraulic units // Prirodobustroystvo. – 2021. – № 4 – S. 67-74. C. 1-5. DOI: 10.26897/1997-6011/2021-4-67-74.*

Введение. Наиболее инновационной энергетической отраслью в последнее десятилетие является солнечная энергетика. По данным иранских экспертов, солнечная энергетика сегодня занимает около 17% от всего мирового рынка энергии. Она имеет огромный потенциал в России, которая может производить эквивалент 2000 млрд т условного топлива в год. Но до недавнего времени эта отрасль в РФ развивалась очень медленно [1]. В мировой практике стоимость станций с солнечными фотоустановками (СЭС либо СФЭУ) ежегодно снижается примерно на 30%, но пока производство такой электроэнергии в РФ ограничивается мощностью 5 ГВт (для сравнения: в Китае, доминирующем в этой отрасли, – до 10 ГВт). Сегодня в мире цена на электричество от СЭС опустилась до 1,2...2 цента за киловатт-час, а на юге России стоимость составляет около 4 руб. При введении гибридных технологий эффективность СЭС, по подсчетам ГК «Хевел», может достичь в 2022 г.

30%, а к 2030 г. – 50%, что связано с повышением КПД гелиоустановок с 20 до 45%, и позволит снизить стоимость солнечной энергии в 2 раза. Все это может привести к замещению генерации на 10%.

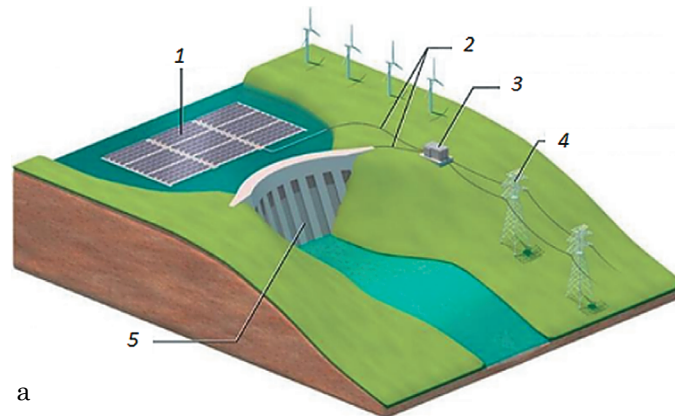
Для достижения мирового уровня в России необходима государственная поддержка, объем которой пока, к сожалению, сокращается. В такой ситуации (предполагаемое снижение финансирования с планируемых 607 млрд руб. до 282 млрд руб.) специалисты прогнозируют производство до 2035 г. не запланированных по программе ДПМ ВИЭ 2,0 около 7 ГВт, а ввод объектов ветрогенерации – только не более чем на 2,5 ГВт, и солнечной – не более 1,5 ГВт. В то же время рынок ВИЭ Европы даже в кризисный 2020 г. вырос на 52%, и за первое полугодие выработка ВИЭ впервые превысила выработку традиционных тепловых станций. В некоторых странах «зеленая» генерация уже обеспечивает до 90% от всей выработки электроэнергии.

Во многих российских регионах успешно действует программа по направлению дополнительного финансирования на проекты по внедрению автономных гибридных установок (АГЭУ) в крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ), по которой фермерам компенсируют 95% расходов на установку СЭС. Например, в Бурятии за последние годы запущено 28 таких гибридных установок, что позволило сэкономить почти 300 млн руб. С начала 2021 г. уже пять локальных АГЭУ введены в строй, за четыре из них фермерам уже вернули деньги. Правда, пока АГЭУ – СЭС, совмещенные с дизель-генераторами и аккумуляторами.

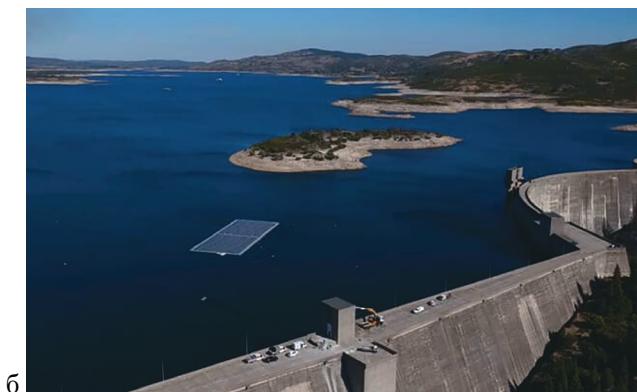
Таким образом, применение фотогальванических солнечных установок и современной «умной» системы могут позволить не строить протяженные ЛЭП для обеспечения электроснабжения КФХ и избежать значительного роста тарифов на передачу электрической

энергии. К сожалению, все солнечные парки занимают довольно большие участки земли, отчуждаемые из сельхозпроизводства.

Для исключения необходимости изымать для нужд энергетики дополнительные земли, иметь возможность использовать существующую транспортную, электросетевую структуры и высококвалифицированный эксплуатационный персонал сейчас в мировой энергетике принято создавать гибридные плавающие энергокомплексы на гидроузлах разного класса и назначения (рис. 1). При этом на объектах гибридной генерации вода служит естественным хладагентом и защищает технику от перегрева, который снижает выработку энергии. Особенно активно реализуются проекты СЭС на акватории водных объектов в странах с высокой плотностью населения: это Китай, Япония, Великобритания, Германия, Франция и др. [2].



а



б



в

Рис. 1. Плавающие СЭС:

а – принципиальная схема энергокомплекса:

- 1 – плавающая СЭС; 2 – внутренние соединительные кабели; 3 – гибридная системная подстанция; 4 – ЛЭП; 5 – плотина; б – первый мировой тандем ГЭС-СФЭУ «Альто Рабагао» в Португалии, 2017 г.; в – первая в России гибридная СЭС на Нижне-Бурейской ГЭС, 2019 г.

Fig. 1. Floating SPPs:

а – schematic diagram of the power complex:

- 1 – floating SPP; 2 – internal connecting cables; 3 – hybrid system substation; 4 – power lines; 5 – dam; б – the first world tandem of HPP-SPEU «Alto Rabagao» in Portugal, 2017; в – Russia's first hybrid SPP at the Nizhne-Bureyskaya HPP, 2019

По данным Всемирного банка, в 2018 г. общая установленная мощность плавающих СЭС составляла 1,1 ГВт, а по прогнозам, к 2024 г. она увеличится до 2,5 ГВт. Однако плавающие СЭС дороже наземных примерно на 18% ввиду необходимости сооружать платформы с креплениями и более высоких требований к обеспечению электробезопасности на воде.

По оценкам специалистов, если покрыть СЭС лишь 10% поверхности 50 крупнейших водохранилищ ГЭС по всему миру, то можно получить 400 ГВт новых мощностей.

В настоящее время в отечественной энергетике актуальным является создание накопителей энергии либо автономных гибридных электростанций. Чтобы СЭС не накапливали энергию, а обменивались ею, целесообразным представляется использование ЛЭП сетевых компаний для транспортировки энергии от СЭС. В этой связи важную роль в реализации проектов ВИЭ играют: технологическое присоединение новых электростанций к единой энергосети; комбинация разных типов альтернативных источников энергии, в том числе тепловых (ТЭЦ), в общем гидроузле комплексного назначения; реновация работающих ГЭС природоохранных гидроузлов и их отдельных гидротехнических сооружений (ГТС) с новейшими разработками «зеленой» энергетики. Все это повысит надежность энергоснабжения, не причиняя значительного вреда экологии регионов.

Материалы и методы. При наличии водохранилища сезонного регулирования в компоновочной схеме природоохранного гидроузла наибольшая солнечная активность в межень, как правило, сопровождается сухой отрезок года [1-3]. Возможность получения до 75% годовой выработки СФЭУ в этот период является положительным фактором для увеличения эффективности энергокомплекса ГЭС-ЭФСУ. Вырабатываемая СФЭУ энергия достаточно равномерно распределяется в течение первого периода межени. Одновременно среднесуточная мощность ГЭС по водотoku имеет тенденцию снижаться к концу межени. При недостаточной емкости водохранилища в конце межени ГЭС вынуждена работать по водотoku (без регулирования стока реки), что приводит к существенному снижению среднесуточных мощностей. В конце межени СФЭУ, работающая в энергокомплексе, может компенсировать снижение среднесуточных мощностей ГЭС (рис. 2). Перераспределение энергии СФЭУ позволяет повысить максимальную мощность и одновременно выработку ГЭС в этот маловодный период [4].

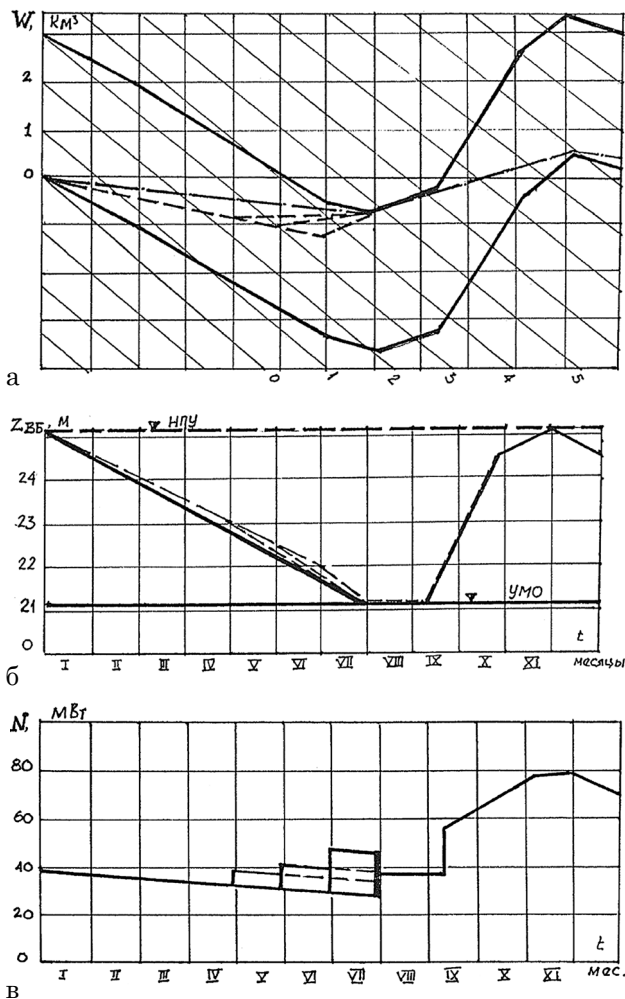


Рис. 2. Оценка использования выработки гелиоустановки для увеличения мощности ГЭС в конце меженного периода (на примере энергокомплекса Ларго):
 а – интегральные кривые стока и потребления;
 б – изменение уровня ВБ;
 в – изменение мощности ГЭС;
 1 – изменение во времени параметров ГЭС без учета работы СФЭУ;
 2 – режимы работы ГЭС при совместной работе с СФЭУ

Fig. 2. Assessment of the use of solar plant generation to increase the capacity of hydroelectric power plants at the end of the low-flow period (on the example of the Largo power complex):
 а – integral curves of runoff and consumption;
 б – change in the level of WB;
 в – change in the capacity of hydroelectric power plants;
 1 – change in time of HPP parameters without taking into account the SPEU operation;
 2 – modes of HPPs operation in cooperation with SPEU

В отличие от предыдущей схемы деривационная схема создания напора (рис. 3)

в период межени позволяет проводить только суточное регулирование расходов [1]. Во время половодья ГЭС находится в базе графика нагрузки, где работает с максимальной установленной мощностью без суточного регулирования. Параллельная работа СФЭУ в этот период не оказывает влияния на режим ГЭС, а обеспечивает в дневные часы уменьшение мощности

электростанций, работающих в переменной части графика нагрузки. Совместная работа ГЭС и СФЭУ в энергокомплексе во время межени является специфичной, имея ряд особенностей и в части режима изменения нагрузки, и в работе основных ГТС комплексного гидроузла: безнапорный деривационный водовод, бассейн суточного регулирования (БСР) и др.

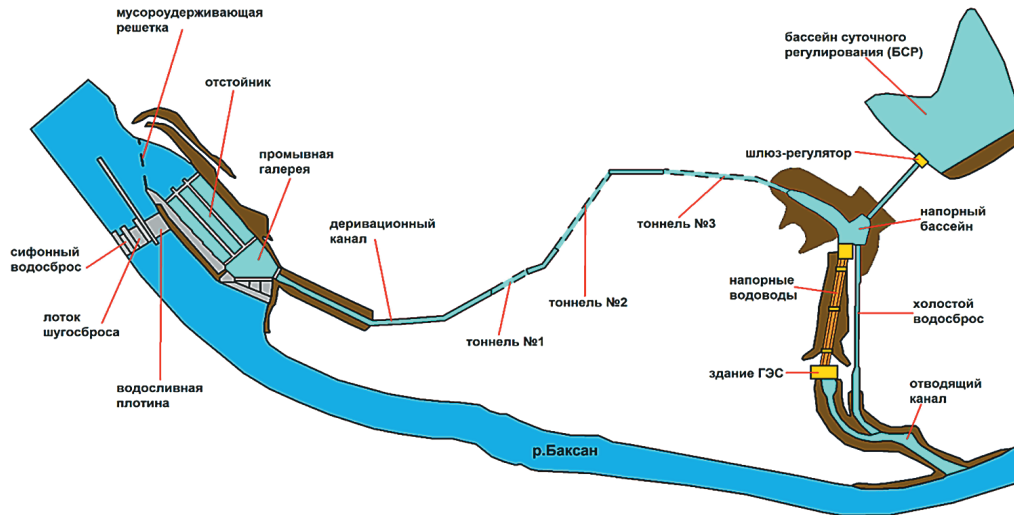


Рис. 3. Баксанская ГЭС с деривацией, Кабардино-Балкария, 1930-1936 гг., реновация 2012 г. после диверсии, «Русгидро»: расчетный напор 88,5 м, $N = 27$ МВт

Fig. 3. Baksan HPP with derivation, Kabardino-Balkaria, 1930-1936, renovation in 2012 after sabotage, «RusHydro»: design head 88.5 m, $N = 27$ MW

Результаты и обсуждение. На природоохранном гидроузле с ГЭС и несаморегулирующейся деривацией (рис. 4) суточное регулирование происходит за счет сработки БСР ниже уровня воды, наблюдаемого в деривации при равномерном режиме течения воды (рис. 5).

При этом можно выделить два основных аспекта [5-7]. При работе ГЭС в графике нагрузки с максимальной установленной мощностью влияние режима СФЭУ связано главным образом с изменением переменной части графика нагрузки ГЭС. При изменении режима работы ГЭС происходит перемещение точки с максимальной мощностью к базе графика нагрузки. В том случае, если значение среднесуточной мощности ГЭС по водотоку начинает доходить до обеспеченной, максимальная мощность ГЭС при работе в графике суточной нагрузки комплекса ГЭС-СФЭУ уже не сможет дорасти до значения установленной мощности [8]. Здесь влияние режима работы СФЭУ состоит в основном в изменении переменной части графика нагрузки гидроэлектростанции (рис. 6).

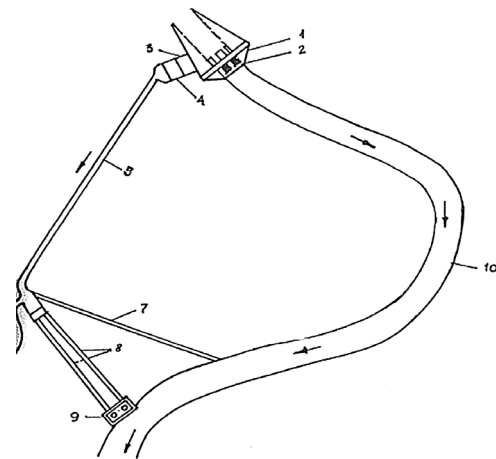


Рис. 4. Схема деривационного гидроузла для анализа режимов работы ГЭС по водотоку:

- 1 – плотина; 2 – водосброс; 3 – водоприемник;
- 4 – отстойник; 5 – деривационный канал; 6 – БСР;
- 7 – водосброс; 8 – станционные водоводы;
- 9 – здание ГЭС; 10 – русло реки

Fig. 4. Scheme of derivation hydroelectric unit for the analysis of HPP operating modes along the watercourse:

- 1 – dam; 2 – spillway; 3 – water receiver;
- 4 – settler; 5 – derivation channel; 6 – DRB; 7 – spillway;
- 8 – station conduits; 9 – HPP building; 10 – river bed

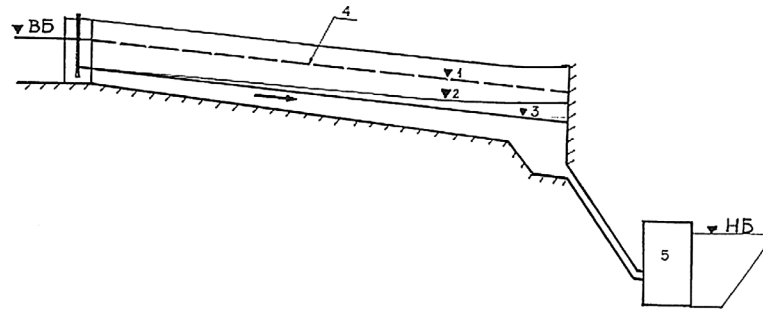


Рис. 5. Схема гидравлических режимов ГЭС с несаморегулирующейся деривацией:

- 1 – максимальный уровень воды в БСР;
- 2 – минимальный уровень воды в БСР при совместной работе с СФЭУ;
- 3 – минимальный уровень воды в БСР при работе только ГЭС;
- 4 – линия свободной поверхности воды при равномерном режиме безнапорной деривации;
- 5 – здание ГЭС

Fig.5. Scheme of hydraulic modes of HPPs with non-self-regulating derivation:

- 1 – maximum water level in DRB;
- 2 – the minimum water level in the BSR when working together with the SPEU;
- 3 – the minimum water level in the DRB when only hydroelectric power plant operating;
- 4 – line of free water surface at uniform mode of non-pressure derivation; 5 – HPP building

Таким образом, режим работы ГЭС трансформируется, но по сравнению с первым режимом работы комплекса ГЭС-СФЭУ гидроэлектростанция в графике работы энергосистемы свое положение сберегает.

Несмотря на то, что величина максимальной мощности ГЭС в течение суток возрастает (например, для конкретных условий Ладо [9, 5] с 50 МВт до 54 МВт), ее значение не может превысить установленного – $N_{уст}$. В этом случае экономический эффект применения симбиоза ГЭС-СФЭУ может быть получен за счет экономии топлива либо в результате большего вытеснения из графика нагрузки ТЭЦ. В таких условиях режим работы БСР будет с максимальной сработкой стремиться к расчетному режиму. При сохранении максимальной мощности ГЭС с учетом работы СФЭУ режим работы самой ГЭС в энергокомплексе ГЭС-СФЭУ становится равномернее, что определяет уменьшение требуемого объема БСР. Анализ интегральных кривых суточного стока ГЭС и изменения объема БСР от значения выработки СФЭУ показывает (рис. 7), что уже при выработке СФЭУ около 18% от суточной выработки ГЭС в условиях заданной формы графика суточной работы ГЭС требуемый объем БСР может быть снижен примерно в два раза по сравнению с режимом работы без СФЭУ.

Уменьшение требуемого объема БСР при заданной площади зеркала водоема достигается сокращением сработки уровня в БСР. Поскольку обычно глубина сработки БСР принимается в пределах 4...6 м, то в результате может произойти уменьшение примерно вдвое используемого его объема, что в свою

очередь за счет меньшей сработки (в среднем на 1...3 м) приведет к повышению действующего напора на ГЭС и позволит получить соответствующий эффект [10] как по мощности, так и по выработке электроэнергии.

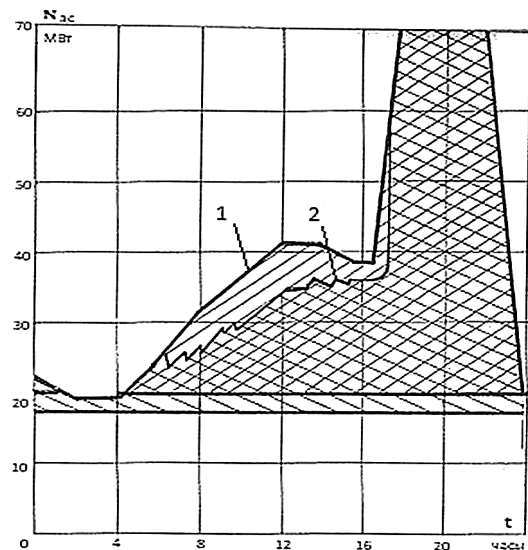


Рис. 6. Графики изменения нагрузки ГЭС ($N_{эс}$) при её совместной работе в тандеме с СФЭУ если среднесуточная мощность ГЭС по водотоку приближается к обеспеченной:

- 1 – исходный график нагрузки;
- 2 – график с учётом среза пика за счёт работы СФЭУ

Fig. 6. Graphs of changes in the HPP ($N_{эс}$) daily load during its joint work in tandem with SPEU:

- 1 – initial load schedule;
- 2 – schedule taking into account the cutting of the peak due to the work of the SPEU

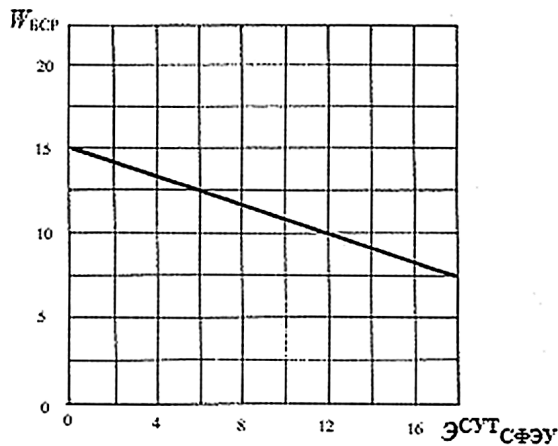


Рис. 7. График зависимости полезного используемого объема БСР (W_{BCP}) от относительной суточной выработки СФЭУ ($E^{\text{СУТ}}_{\text{СФЭУ}}$)

Fig. 7. Graph of the dependence of the useful used volume of DRB (W_{DSB}) on the relative daily production of SPEU ($E^{\text{DAY}}_{\text{SPEU}}$)

Библиографический список

1. Брызгалов В.И., Гордон Л.А. Гидроэлектростанции. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. – 541 с.
2. Прайд Табвивакаре, Черных О.Н. Развитие методов «Зелёного проектирования» в природоохранной гидротехнике Зимбабве // Студент года 2020: Сб. статей Международного научно-исследовательского конкурса в 4-х ч. Ч. 3. – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2020. – С. 141-146.
3. Волшаник В.В. Экологические проблемы использования возобновляющихся источников энергии / Пешнин А.Г., Умару Хаманджода, Щенникова Г.Н. // Вестник МГСУ. – 2010. – № 4. – С. 108-119
4. Волшаник В.В. Конструктивное и технологическое совмещение гидравлических и солнечных электростанций / Черных О.Н., Хаманджода У., Прайд Табвиракаре // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году: сб. науч.тр. РААСН т. 2. – М.: Изд-во АСВ, 2020. – С. 152-157.
5. Черных О.Н., Волшаник В.В., Бурлаченко А.В. Особенности использования элементов сооружений гидроузлов комплексного назначения совместно с солнечными фотоэлектрическими установками // Природообустройство. – 2021. – № 1. – С. 63-73.
6. Черных О.Н., Волшаник В.В., Бурлаченко А.В. Перспективы совмещения

Выводы

Водохранилище ГЭС является мощным аккумулятором энергии, позволяющим перераспределять переменную выработку как СЭС, так и других ВИЭ. Для природоохранных гидроузлов с ГЭС и бассейном суточного регулирования гибрида ГЭС-СФЭУ при их совместной работе может привести к уменьшению сработки бассейна суточного регулирования до 50% за счет снижения неравномерности суточного графика нагрузки гидроэлектростанции и повысить действующий напор на ГЭС, а наличие общей инфраструктуры даст возможность сократить себестоимость производства электроэнергии, не занимая дополнительные обширные площади земледелия. Данная методика оценки эффективности объединения СФЭУ с ГЭС при помощи полученных графических зависимостей в различных условиях функционирования гидрокомплекса может быть использована на предварительных стадиях проектирования природоохранных гидроузлов.

References

1. Bryzgalov V.I., Gordon L.A. Hidroelektrostantsii. – Krasnoyarsk: IPTS KGTU, 2002. – 541 s.
2. Pride Tabvivakare, Chernykh O.N. Razvitie metodov «Zelenogo proektirovaniya» v prirodoohrannoj gidrotehnike Zimbabwe // Student goda 2020. Sbornik statej Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa v 4-h chastyah. Chast 3. – Petrozavodsk: MNTSP «Novaya nauka», 2020. – S. 141-146.
3. Volshanik V.V., Peshnin A.G., Umaru Hamandzhoda, Shchennikova G.N. Ekologicheskie problemy ispolzovaniya vozobnovlyayushchihsvya istochnikov energii // Vestnik MGSU. – 2010. – 4. – S. 108-119.
4. Volshanik V.V., Chernykh O.N., Hamanjoda U., Pride Tabvirakare. Constructivnoe i technologicheskoe sovmeshchenie gidravlicheskih i solnechnyh elektrostantsij // Fundamentalnye, poiskovyie i prikladnye issledovniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arhitektury, gradostroitelstva i stroitelnoj otrasli Rossijskoj Federatsii v 2019 godu: sb. nauch. tr. RAASN t. 2. – M.: Izdatelstvo ASV, 2020. – S. 152-157.
5. Chernykh O.N., Volshanik V.V., Burlachenko A.V. Osobennosti ispolzovaniya elementov sooruzhenij gidrouzlov complexnogo naznacheniya sovmstno s solnechnymi photoelektricheskimi ustanivkami // Prirodoobustrojstvo. – 2021. – No. 1. – S. 63-73.
6. Chernykh O.N., Volshanik V.V., Burlachenko A.V. Perspektivy sovmeshcheniya

солнечных установок с конструктивными элементами природоохранных гидротехнических сооружений и комплексов // Природообустройство. – 2021. – № 2. – С. 63-73.

7. **Черных О.Н.** Оценка условий сопряжения бьефов и мероприятий по обеспечению надёжности работы водосбросов высоконапорного гидроузла // Природообустройство. – 2020. – № 2. – С. 56-65.

8. **Володина М.А., Черных О.Н.** Перспективы совмещения гелиоустановок с конструкциями гидротехнических сооружений // Студент года 2021: Сб. статей Международного научно-исследовательского конкурса в 6 ч. Ч. 1. – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2021. – С. 385-393

9. **Умару Хаманджода.** Обоснование эффективности энергетического и конструктивного совмещения гидроэлектростанций с солнечными фотоэлектрическими установками: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.14.10. – М.: 1996. 18 с.

10. **Лин Аунг Тет, Малинин Н.К., Шестопалова Т.А.** Исследование эффективности использования солнечных фотоэлектрических установок в системах распределенной энергетики в регионах Мьянмы // Энергетик. – 2014. – № 5. – С. 36-40.

Критерии авторства

Черных О.Н., Бурлаченко А.В., Волшаник В.В., Хаманджода У., выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию: 08.04.2021

Одобрена после рецензирования 15.09.2021 г.

Принята к публикации 24.09.2021 г.

solnechnyh ustanovok s konstruktivnymi elementami prirodoohrannyh gidrotehnicheskikh sooruzhenij i complexov. // Prirodoobustroystvo. – 2021. – No. 2. – S. 63-73.

7. **Chernykh O.N.** Assessment of conditions for conjugation of pits and measures to ensure the reliability of the spillways of a high-pressure hydroelectric complex // Prirodoobustroystvo. – 2020. – No. 2. – P. 56-65.

8. **Volodina M.A., Chernykh O.N.** Prospects for combining solar power plants with the structures of hydraulic structures // Student of the Year 2021. collection of articles of the International Research Competition in 6 parts. Part 1. – Petrozavodsk: ICNP “New Science”, 2021. – P. 385-393.

9. **Umaru Hamanjoda.** Obosnovanie effektivnosti energeticheskogo i konstruktivnogo sovmeshcheniya gidroelektrostantsij s solnechnymi fotoelektricheskimi ustanovkami: Avtoref. dis. cand. Techn. nauk: 05.14.10. – M.: 1996. 18 s.

10. **Lin Aung Tet, Malinin N.K., Shestopalova T.A.** Study of the efficiency of using solar photovoltaic installations in distributed energy systems in the regions of Myanmar // Energetik. – 2014. – No. 5. – P. 36-40.

Criteria of authorship

Chrenyh O.N., Burlachenko A.V., Volshanik V.V., U. Hamanjoda carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 08.04.2021

Approved after reviewing 15.09.2021

Accepted for publication 24.09.2021