



УДК 627.8 (470.45)

А. В. ФЕВРАЛЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЯ МАЛОЙ ГЭС НА ПРОЕКТИРУЕМОМ ВОДОПРОПУСКНОМ СООРУЖЕНИИ ИЗ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В Р. АХТУБУ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;
эл. почта: gs@nngasu.ru

Ключевые слова: водопропускное сооружение, Волгоградское водохранилище, р. Ахтуба, ГЭС.

Предложено решение для сохранения природной системы Волго-Ахтубинской поймы. Приведены технические решения по зданию ГЭС, определены основные параметры ГЭС, оценена экономическая эффективность ГЭС.

Ахтуба (Ак-тубе – белые холмы) – левый рукав Волги, отделяющийся от нее напротив северной части Волгограда. Старый вход в Ахтубу, который располагался выше по течению, при строительстве Волжской ГЭС (Сталинградская/Волгоградская ГЭС имени XXII съезда КПСС) был перекрыт ее плотиной, но ниже был прорыт канал длиной 6,5 км.

Волга с притоками, ее рукава, в том числе и Ахтуба, пойма и Каспий вместе составляют единую Волго-Каспийскую экосистему, которая по пространству соответствует Волго-Каспийскому бассейну.

В связи с созданием Волжского каскада водохранилищ режим этой экосистемы существенно изменился, в том числе и режим Волго-Ахтубинской поймы, природный комплекс которой пребывает в настоящее время в стадии деградации. Чтобы сохранить уникальную Волго-Ахтубинскую пойму, необходимо обеспечить ее достаточной водностью, «приподнять» водный поток Ахтубы и увеличив количество поступающей в нее воды.

Одним из решений увеличения водности Ахтубы является создание водопропускного сооружения для подачи воды из Волгоградского водохранилища в эту реку [1].

Из всех рассмотренных вариантов для обоснования ГЭС было принято водопропускное сооружение на расход $100 \text{ м}^3/\text{с}$ [2]. Водопропускное сооружение, пересекает железнодорожную и автомобильную дороги, проложенные через гидроузел.

Водоподводящие коммуникации сооружения представлены открытым земляным каналом, водоводами, проложенными под дорожными коммуникациями и устройством по сопряжению уровней воды Волгоградского водохранилища с уровнем воды в р. Ахтуба.

Открытый земляной канал прокладывается от водохранилища до железнодорожной и автомобильной дороги.

Железная и автомобильная дороги пересекаются с помощью подземных водоводов, заканчивающихся водной камерой с водосливом из тонкой стенки,



которые обеспечивают заданный гидравлический режим в водоводах и открытом канале. Водоводы представлены сифонными трубопроводами глубокого заложения в количестве четырех ниток диаметром 2,5 м.

Для оценки параметров ГЭС приняты данные по [2]:

– расход воды, подаваемый из водохранилища в Ахтубу, – 100 м³/с;

– НПУ = 15 м БС; ФПУ = 16,30 м БС; УМО = 12,00 м БС;

– уровни нижнего бьефа УНБ (р. Ахтуба): УНБ_{макс} = 0,70 м БС; УНБ_{мин} = –8,00 м БС.

В качестве установленной мощности принята величина, соответствующая расходу $Q = 100$ м³/с и максимальному напору, определяемому как

$$H = \text{НПУ} - \text{УНБ}_{\text{мин}} = 15 - (-8) = 23 \text{ м.} \quad (1)$$

Мощность определяется известной формулой

$$N = 9,81 \eta_{\text{ГЭС}} Q H, \text{ кВт,} \quad (2)$$

где $\eta_{\text{ГЭС}}$ – КПД ГЭС, $\eta_{\text{ГЭС}} = 0,82$; Q – расход ГЭС, м³/с; H – напор ГЭС, м.

При принятых параметрах установленная мощность составила

$$N_{\text{у}} = 18,5 \text{ МВт.}$$

Среднемноголетняя выработка электроэнергии определена в предположении использования установленной мощности в течение 11 месяцев (кроме половодья) или 8 000 часов в году, т. е. выработка получилась

$$\mathcal{E}_0 = 148 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч/год.}$$

Выбор гидротурбин выполнен по приведенным показателям [3]. В результате принята поворотно-лопастная турбина ПЛ-30ВМ-212 в количестве 4 машин с диаметром рабочего колеса 212 см и синхронной частотой вращения 230,8 об/мин.

В качестве турбинной камеры применена металлическая спиральная унифицированная камера типа СУМ-0,375-31⁰45' по [3]. Отвод воды осуществляется изогнутой отсасывающей трубой высотой 4 м.

Выработка электроэнергии производится вертикальными синхронными гидрогенераторами типа СВ 320/80-26 напряжением 6,3 кВ.

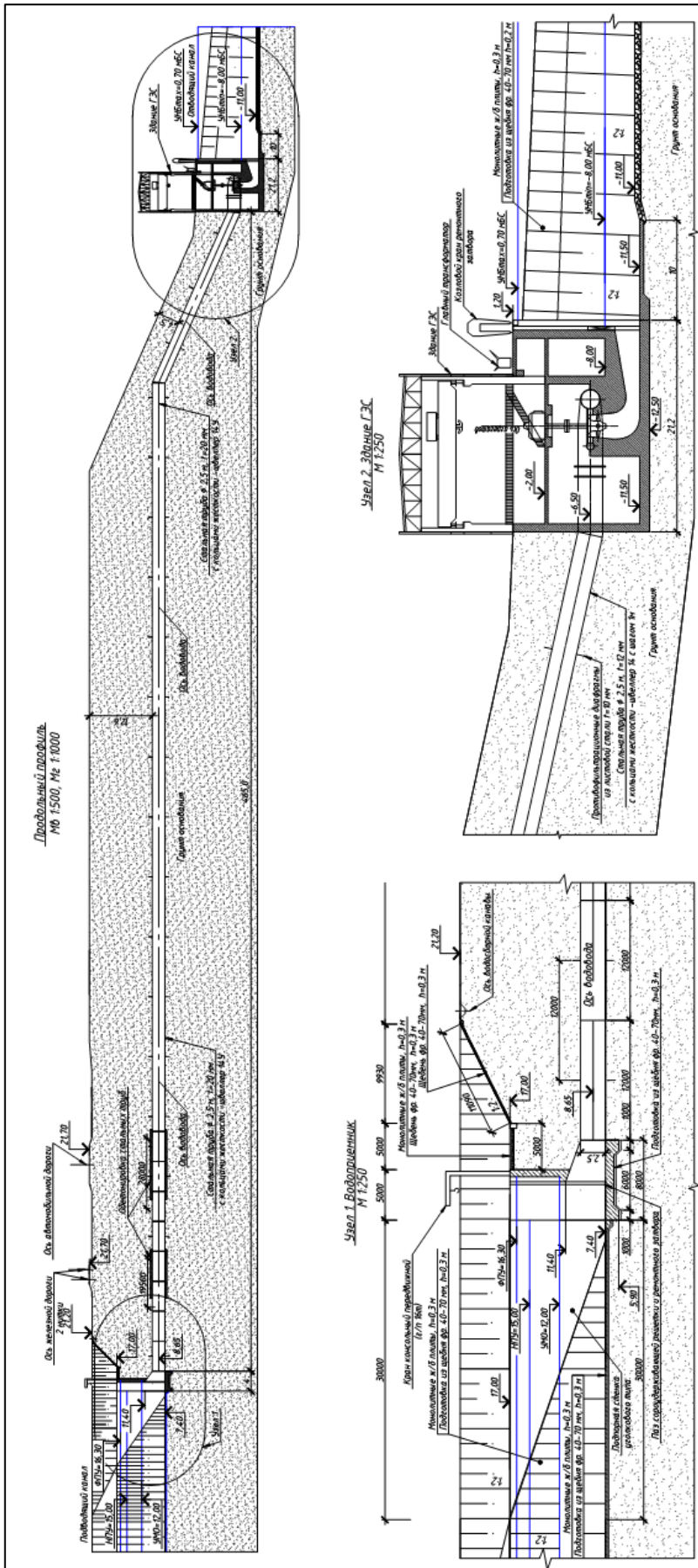
Маневрирование оборудованием машинного зала предусмотрено мостовым электрическим краном грузоподъемностью 50 т и пролетом 14 м. Для ремонтных затворов отсасывающих труб использован козловой кран грузоподъемностью 5 т.

В качестве ремонтных затворов отсасывающих труб приняты плоские скользящие стальные затворы размером 6×3 м.

Здание ГЭС состоит из подводной и надводной частей.

В подводной части размещены агрегаты, турбинные трубопроводы, турбинные камеры, отсасывающие трубы, затворы.

Подводная часть выполнена из монолитного железобетона.



Гидроэнергетические сооружения ГЭС на водопропускном сооружении в р. Ахтубу



Надводная часть (машинный зал) представляет собой каркас из сборных железобетонных колонн, стальных подкрановых балок, стальных ферм покрытия, связей. Заполнение каркаса предполагается сборными панелями.

Здание ГЭС состоит из пяти блоков: 4 агрегатных блока и блок монтажной площадки.

Для пропуска воды в р. Ахтубу при отключении агрегатов на каждом из них предусмотрена отводящая труба диаметром 2,5 м, перекрываемая дисковым затвором при работе агрегата. При остановке агрегата затвор приводится в открытое положение.

Для отключения агрегатов от водоводов агрегаты снабжены предтурбинными дисковыми затворами.

Здание разделено деформационными швами на 3 секции: 2 агрегатных секции с двумя агрегатами в каждой и секции монтажной площадки.

Выдача мощности ГЭС предполагается через повышающий трансформатор 6,3/110 кВ на ОРУ (открытое распределительное устройство) 110 кВ.

Размеры здания ГЭС в плане: ширина (вдоль движения воды) 21,2 м, длина (поперек движения воды) 54,0 м.

Высота подводной части от подошвы фундаментной плиты до отметки пола машзала – 10,5 м, высота надводной части (машзала) от отметки пола до низа фермы покрытия – 12,5 м.

Подъезд к зданию ГЭС предусматривается по автодороге с капитальным покрытием с левого берега.

Сооружения ГЭС представлены на рисунке.

Оценка эффективности создания ГЭС может быть выполнена по формуле [4]:

$$T_{\text{OK}} = K / (\Phi - I), \quad (3)$$

где T_{OK} – срок окупаемости; Φ – годовой экономический результат; K – первоначальные затраты; I – годовые текущие затраты.

Эффективность обеспечивается, если вычисленный срок окупаемости не превысит приемлемый для инвестора срок.

Экономическим результатом эксплуатации ГЭС в данном случае является снижение затрат инвестора ГЭС на приобретение электроэнергии из внешних электросетей; при этом экономический результат выражается как:

$$\Phi = c_{\text{Э}} \text{Э}_0, \quad (4)$$

где $c_{\text{Э}}$ – тариф на электроэнергию.

Текущие затраты определяются в виде доли первоначальных затрат

$$I = \alpha K, \quad (5)$$

здесь $\alpha = 0,02 \text{ год}^{-1}$ [4].

Первоначальные затраты могут быть определены по аналогам [4]. При этом удельные первоначальные затраты в ценах 1991 г. принимаются $\kappa_N = 700 \text{ руб. /кВт}$, а полные первоначальные затраты составят

$$K_0 = \kappa_N N_y = 700 \cdot 18,5 \cdot 10^3 = 12,95 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Эти затраты включают в себя, кроме затрат в собственно здание ГЭС, затраты в подпорные и водосбросные сооружения. Названные сооружения в



данном случае относятся к водопропускному сооружению, и их затраты в затратах в ГЭС учитываться не должны, т. е. первоначальные затраты в здание ГЭС могут быть приняты

$$K = 0,5K_0 \approx 6,5 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Для перевода затрат в цены 2023 г. применяется индекс цен, равный 114,04 по данным [5]. Кроме того, необходимо учесть НДС = 20 %.

Таким образом, первоначальные затраты в ГЭС в ценах 2023 г. составят

$$K = 1,2 \cdot 114,04 \cdot 6,5 \cdot 10^6 = 889,512 \cdot 10^6 \text{ руб.}$$

Текущие затраты

$$И = 0,02 \cdot 889,512 \cdot 10^6 = 17,79 \cdot 10^6 \text{ руб./год.}$$

Тариф на электроэнергию по данным [6]

$$ц_{\text{э}} = 5,39 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч.}$$

Результаты расчета срока окупаемости приведены в таблице.

Расчет срока окупаемости ГЭС

Тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч	Выработка электроэнергии, млн кВт·ч/год	Экономический результат, млн руб./год	Текущие затраты, млн руб./год	Первоначальные затраты, млн руб.	Срок окупаемости, годы
5,39	148,0	797,72	17,79	889,512	1,14

Как следует из таблицы, срок окупаемости получился весьма низким. Это свидетельствует о целесообразности возведения малой ГЭС в составе водопропускного сооружения из Волгоградского водохранилища в р. Ахтубу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муравьев, В. П. Водопропускное сооружение для обводнения р. Ахтубы из Волгоградского водохранилища / В. П. Муравьев, С. В. Соболев, И. С. Соболев, А. В. Февралев, Н. П. Сидоров, В. М. Красильников, Д. Н. Хохлов // Приволжский научный журнал. – 2015. № 3. – С. 45–51.
2. Научные исследования по разработке конструкции водопропускного сооружения с сифонными водоводами глубокого заложения на расход 100 м³/с / Отчет о НИР. – Н. Новгород: ННГАСУ. – 2014. – 27 с.
3. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций: Справочное пособие. – Т. 1. Основное оборудование гидроэлектростанций / Под ред. Ю. С. Васильева, Д. С. Щавелева. – Москва: Энергоатомиздат, 1988.
4. Соболев, С. В. Использование водной энергии малых рек: монография / С. В. Соболев, А. В. Февралев. – Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т. Н. Новгород: ННГАСУ, 2009. – 284 с.
5. Письмо Министра РФ от 10.08.2023 г., № 21491-ОГ/09.



6. Приказ Департамента по тарифам от 18.11.2022 № 41/2 «Об установлении тарифов на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категорий потребителей по Волгоградской области».

FEVRALYOV Arkady Valentinovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic and transport structures

ON THE EXPEDIENCY OF ERECTING A SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANT BUILDING ON A BEING-DESIGNED CULVERT FROM THE VOLGOGRAD RESERVOIR INTO THE AKHTUBA RIVER

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-42-89;
e-mail: gs@nngasu.ru

Key words: culvert, Volgograd reservoir, Akhtuba river, hydroelectric power station.

The article proposes solution to preserve the natural system of the Volga-Akhtuba floodplain. Technical solutions for the HPP building are given, the main parameters of the HPP are determined, the economic efficiency of the HPP is estimated.

REFERENCES

1. Muravyov V. P., Sobol S. V., Sobol I. S., Fevralyov A. V. [et al.]. Vodopropusknoe sooruzhenie dlya obvodneniya r. Akhtuby iz Volgogradskogo vodokhranilishcha [Culverts for water blockage of the Akhtuba River from the Volgograd reservoir] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t : Nizhny Novgorod. – 2015. № 3. – P. 45–51.
2. Nauchnye issledovaniya po razrabotke konstrukzii vodopropusknogo sooruzheniya s sifonnymi vodovodami glubokogo zalozheniya na rashod 100 m³/s [Scientific research on the development of the design of a culvert with deep siphon water conduits at a flow rate of 100 m³/s] / Otchet o NIR. – Nizhny Novgorod: NNGASU. – 2014. – 27 p.
3. Gidroenergeticheskoe i vspomogatelnoe oborudovanie gidroelektrostantsiy [Hydropower and Auxiliary Equipment of Hydroelectric Power Plants] : spravochnoe posobie : v 2-kh tomakh. – Tom 1. Osnovnoe oborudovanie gidroelektrostantsiy [Vol. 1. Basic Equipment of Hydroelectric Power Plants] / Pod. red. Yu. S. Vasilev, D. S. Shchhavelev. – Moscow : Energoatomizdat, 1988.
4. Sobol S. V. Fevralyov A. V. Ispolzovanie vodnoy energii malyykh rek [The Use of Water Energy of Small Rivers]: monografiya / Nizhegorod. gos. arkhit.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod : NNGASU, 2009. – 284 p.
5. Pismo Ministroya ot 10.08.2022, № 21491-OG/09 [Letter of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated 10.08.2023, No. 21491-OG/09].
6. Prikaz Departamenta po tarifam ot 18.11.2022 № 41/2 «Ob ustanovlenii tarifov na elektricheskuyu energiyu dlya naseleniya i priravnennykh k nemu kategoriy potrebiteley po Volgogradskoy oblasti» [Order of the Tariff Department dated 18.11.2022 No. 41/2 "On Establishing Electricity Tariffs for the Population and Equated Categories of Consumers in the Volgograd Region"].

© А. В. Февралев, 2024

Получено: 29.11.2023 г.