Энерго- и ресурсосбережение – XXI век. 2023 С \_ \_ - \_ \_.

Energy and resource saving XXI century. 2023 P. \_ \_ - \_ \_.

Энерго- и ресурсосбережение в агропромышленном комплексе

Научная статья

УДК: 627.8.093

**Аналитический метод расчета заиления водохранилищ ГЭС**

**Анвар Соидкулович Кодиров**1**, Георгий Николаевич Петров**21Центр инновационного развития науки и новых технологий Национальной Академии наук Таджикистан, Душанбе, Таджикистан,

2ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», Орёл, Россия,

1dr.kodirov@gnail.ru

2geomar@bk.ru

Автор, ответственный за переписку: Георгий Николаевич Петров, geomar@bk.ru

***Аннотация****.* В статье предложен расчетно-графический метод расчета динамики объема водохранилища, объем которого уменьшается за счет заиления речными наносами.

***Ключевые слова****:* водохранилище, заиление, испарение, морфометрические характеристики, наполнение, приток воды, режим работы, сработка, холостые сбросы.

**Для цитирования:** Кодиров А. С., Петров Г. Н. Аналитический метод расчета заиления водохранилищ // Энерго-и ресурсосбережение – XXI век. 2023 С. \_ \_ - \_

\_.

Energy and resource saving in the agro-industrial complex

Original article

**Analytical method for calculating siltation of hydroelectric power station reservoirs**

**Anvar Soidkulovich Kodirov**1**, Georgy Nikolaevich Petrov**2

1Center for Innovative Development of Science and New Technologies of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan,

2Oryol state university of I.S. Turgenev, Orel, Russia,

1dr.kodirov@gnail.ru

2geomar@bk.ru

Corresponding author: Georgy Nikolaevich Petrov, geomar@bk.ru

**Annotation.** The article proposes a computational and graphical method for calculating the dynamics of the volume of a reservoir, the volume of which decreases due to siltation by river sediments.

**Key words**: reservoir, siltation, evaporation, morphometric characteristics, filling, water inflow, operating mode, discharge, idle discharges.

**For citation**: Kodirov A. S., Petrov G. N. Analytical method for calculating siltation of hydroelectric power station reservoirs // Energy and resource saving - XXI century. 2023 S. \_ \_ - \_

Сегодня более 90% электроэнергии в Таджикистане вырабатывается на крупных ГЭС, регулирование стока которых осуществляется водохранилищами, объем которых постоянно уменьшается за счет заиления.

Величину этого заиления и, соответственно полезный объем водохранилища, необходимый для обеспечения эффективной работы ГЭС, обычно определяют прямыми батиграфическими замерами, требующими сложного дорогостоящего оборудования и больших затрат труда и времени.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

© Кодиров А. С., Петров Г. Н., 2023

В то же время техническими службами ГЭС осуществляется непрерывный оперативный мониторинг его параметров, который позволяет определить полезный объем водохранилища и его морфометрические характеристики расчетным путем.

Для этого, выбрав какую-либо базовую точку: (**W0; H0**), остальные точки кривой зависимости уровня воды в водохранилище от его объема: **H = f (W)** можно получить непосредственно по уравнениям:

**W(Hi+1) = W (Hi) + Wакк.,**

**ΔH = Hi+1 – Hi**.

где:

**Wакк. = f(ΔH) = {Qпр. – (Qств.** + **Qх. сб. + Qисп.)}×t**

**Qств. -** расход воды через турбины ГЭС

**Qх. сб. -** холостые сбросы через гидроузел

**Qпр. -** приток воды к водохранилищу

 **t** – время.

В качестве примера такие расчеты были выполнены для водохранилища Нурекской ГЭС на рю Вахш, для которого в качестве базовой для дальнейших расчетов была принята точка:

 **W0 = 10.5** км3; **H0 = 910** м.
соответствующая проектному состоянию водохранилища.

Испарение при этом рассчитывалось по зависимости:

 **Qисп. (t) = k × S (t)**, где

 **k = Qиск. / S**

 **S** – площадь водохранилища.

Значения коэффициентов **k** при этом приняты по прямым натурным наблюдениям, проводившимся на водохранилищах Таджикистана в течение достаточно длительного периода. Они приведены в таблице 1.

Площадь водохранилища Нурека определялась по зависимости:

**S (H) =** 0,39408×**Н -** 267,86306, км2

На рисунках 1 и 2 приведены рассчитанные вышеописанным способом кривые **H = f(W)** Нурекского водохранилища для 2003 и 2004 года. Эти расчеты проводились как для ежесуточных, так и для среднемесячных данных. Они практически идентичны м имеют высокую точность – значение коэффициента детерминации - R2 для них находится в диапазоне 0,997÷0,998 при максимально возможном значении 1.

Таблица 1**Опытные значения коэффициентов k**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Месяц | Янв. | Февр. | март | Апр. | май | июнь | июль | Авг. | Сент. | Окт. | Нояб. | Дек. |
| **k** | 0,0037 | 0,0067 | 0,0157 | 0,0314 | 0,0513 | 0,0736 | 0,0813 | 0,0782  | 0,0554 | 0,0283 | 0,0143 | 0,0066 |

Учитывая аналогичность режимов работы водохранилища и практическую идентичность аналитических кривых объемов водохранилища в 2003 и 2004 годах, на рис 3 приведена их общая осредненная кривая. Там же показана проектная кривая объемов Нурекского водохранилища. Они практически повторяют друг друга – общий полезный объем водохранилища для них один и тот же, небольшое заиление, порядка 5% аналитическая кривая показывает только на средних отметках, а к отметке 840 м. полезный проектный объем водохранилища практически полностью восстанавливается.

**Рис.1. Нурекская ГЭС. Зависимость H = f(W). 2003г.**

**Рис. 2. Нурекская ГЭС. Зависимость H = f(W). 2004г.**

**Рис. 3. Осредненная зависимость Н = f(W)**

**Рис. 4. Режим работы Нурекского водохранилища**

На рис. 4 показаны соответствующие этим годам режимы работы Нурекского водохранилища: сработка – наполнение. Они показывают, что эти режимы практически не отличаются друг от друга.

**Выводы** Предлагаемый метод расчета заиления водохранилища по параметрам, ежесуточно контролируемым техническими службами гидроузла, позволяет с высокой точностью отслеживать уменьшение его полезного объема, что в свою очередь обеспечивает повышение эффективности его эксплуатации.

**Список источников**

1. Бабкин В.И., Вуглинский B.C. Водный баланс речных бассейнов. - JL: Гидрометеоиздат, 1982. - 192 с.
2. Барышников Н. Б.. Руководство к лабораторным работам по динамике русловых потоков и русловым процессам. Ленинград Гидрометеоиздат 1991. 224 с.
3. Вуглинский B.C. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 223 с.
4. Вуглинский B.C., Пугач С.П., Резник Э.А. Система гидрологических наблюдений: проблемы получения данных, их обобщения и обеспечение потребителей. Государственный водный кадастр. - В сб. «Пленарные документы» VI Всероссийского гидрологического съезда. - М.: Метеоагентство Росгидромета, 2008, с. 27-37.
5. Гвелесиани Л.Г., Шмьцель Н.П. Заиление водохранилищ гидроэлектростанций. М.\* "Энергия", 1968, 86 с.
6. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока авторы: Г.В. Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров. 1984г. 431с.
7. Михневич, Э. И. Расчет водохранилища сезонного регулирования: пособие для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / Э. И. Михневич. – Минск: БНТУ, 2021. – 55 с.
8. Петров Г. Н.Расчет заиления водохранилищ. Курс повышения квалификации: Водно-энергетические ресурсы и их использование. Доклад- презентация. YouTube канал «Land and Water CA». 28 июня 2021 г.
DOI: [10.13140/RG.2.2.18965.04328](http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18965.04328) <https://www.youtube.com/playlist?list=PLR7jBCjSbC_QjubnGmoVu1A7Qi23eQkQE>
9. Практикум по гидрологии, гидрометрии и регулированию стока авторы: Е.Е. Овчаров, Н.Н. Захаровская, И.В Прошляков, А.М.Суконкин, В.В. Ильинич. 1988г. 223 с.

**References**

1. Babkin V.I., Vuglinsky V.S. Water balance of river basins. - JL: Gidrometeoizdat, 1982. - 192 p.

2. Baryshnikov N. B. Manual for laboratory work on the dynamics of channel flows and channel processes. Leningrad Gidrometeoizdat 1991. 224 p.

3. Vuglinsky V.S. Water resources and water balance of large reservoirs of the USSR. - L.: Gidrometeoizdat, 1991. - 223 p.

4. Vuglinsky V.S., Pugach S.P., Reznik E.A. System of hydrological observations: problems of obtaining data, their generalization and provision of consumers. State water cadastre. - On Sat. “Plenary documents” of the VI All-Russian Hydrological Congress. - M.: Meteorological Agency of Roshydromet, 2008, p. 27-37.

5. Gvelesiani L.G., Shmtsel N.P. Siltation of hydroelectric power reservoirs. M.\* "Energy", 1968, 86 p.

6. Hydrology, hydrometry and flow regulation authors: G.V. Zheleznyakov, T.A. Negovskaya, E.E. Ovcharov. 1984 431s.

7. Mikhnevich, E. I. Calculation of a reservoir for seasonal regulation: a manual for students of specialty 1-70 04 03 “Water supply, water disposal and protection of water resources” / E. I. Mikhnevich. – Minsk: BNTU, 2021. – 55 p.

8. Petrov G. N. Calculation of siltation of reservoirs. Advanced training course: Water and energy resources and their use. Report-presentation. YouTube channel "Land and Water CA". June 28, 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.18965.04328 https://www.youtube.com/playlist?list=PLR7jBCjSbC\_QjubnGmoVu1A7Qi23eQkQE

9. Workshop on hydrology, hydrometry and flow regulation authors: E.E. Ovcharov, N.N. Zakharovskaya, I.V. Proshlyakov, A.M. Sukonkin, V.V. Ilyinich. 1988 223 p.

**Информация об авторах**

А. С. Кодиров – директор Центра инновационного развития науки и новых технологий;

Г. Н. Петров – д-р. техн. наук, профессор кафедры электрооборудования и энергосбережения;

**Information about the authors**

A. S. Kodirov – director of the Center for Innovative Development of Science and New Technologies;

G. N. Petrov – dr. tech. Sciences, professor of Electric equipment and energy saving

department.

Статья поступила в редакцию ………; одобрена после рецензирования ……..; принята к

публикации ……….

The article was submitted ………; approved after reviewing ……..; accepted for publication

………..