

УДК 621.311.21

**ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ КАК ИСТОЧНИК ЭКОЛОГИЧЕСКИ  
БЕЗОПАСНОЙ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Дудкин Максим Михайлович,**  
профессор кафедры ПТЭ,

**Краснов Илья Александрович,**  
студент,

**Егоров Вадим Игоревич,**  
студент,

**Килин Антон Сергеевич,**  
студент,

**Васильев Кирилл Дмитриевич,**  
студент,

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск  
454080, РФ, г. Челябинск пр. Ленина, 76 E-mail:  
pte2017pte@mail.ru

**Аннотация**

В статье описан способ получения электрической энергии с помощью гидроэлектростанций. Рассмотрено энергетическое оборудование, установленного в гидравлическом комплексе. Приведены мощностные типы гидроэлектростанций. Изучено понятие деривации. Произведен расчет объема воды, поступающей в три крупнейшие гидроэлектростанций России.

**Ключевые слова:** электрическая энергия, гидроэлектростанция, энергетическое оборудование, мощностные типы, гидравлический комплекс.

**HYDROELECTRIC POWER PLANTS AS A SOURCE OF  
ENVIRONMENTALLY SAFE ELECTRICITY GENERATION**

**Maxim M. Dudkin,**  
professor of the Heat and power engineering department,

**Илья А. Krasnov,**  
student,

**Vadim I. Egorov,**  
student,

**Anton S. Kilin,**  
student,

**Kirill D. Vasiliev,**  
student

South Ural State University, Chelyabinsk 454080, Russian Federation, Chelyabinsk ave. Lenin, 76  
E-mail: pte2017pte@mail.ru

---

## ABSTRACT

---

The article describes a method for generating electrical energy using hydroelectric power plants. The power equipment installed in the hydraulic complex is considered. The power types of hydroelectric power plants are given. The concept of derivation is studied. The volume of water supplied to the three largest hydroelectric power plants in Russia was calculated.

---

**Keywords:** electrical energy, hydroelectric power station, power equipment, power types, hydraulic complex.

---

### Введение

Гидроэлектроэнергия является одним из самых экономически выгодных источников получения электрической энергии в мире. Данный вид энергии производится на гидроэлектростанциях. Гидроэлектростанции во всем мире имеют суммарную мощность 1000 ГВт [1]. Их количество превышает 7300 шт. Станции данного типа производят электрическую энергию, которая идет на нужды потребителей. Также они способны покрывать пиковые нагрузки и оперативно увеличивать объемы выработки энергии. Когда происходят пиковые нагрузки вода из гидроаккумулирующих электрических станций перенаправляется в напорный трубопровод, тем самым приводя в действие турбины. Энергия, произведенная гидравлическим способом, составляет долю электрической энергии в топливном балансе всего мира около 6 процентов [2]. Гидроэнергоресурсы являются возобновляемым источником энергии. Сооружения гидротехнического типа создают напор воды, который необходим для поступления на лопасти гидравлической турбины. Гидротурбина выводит генераторы из неподвижного состояния и заставляет их прийти в действие.

Для формирования необходимого напора воды строится плотина. Плотина, построенная технически правильно, собирает воду из водоема в необходимом месте. Также допустим метод деривации. Данный метод означает направление воды от главного русла реки в сторону по каналу, с помощью специальных гидротехнических сооружений [3].

Показатели расхода воды и превышение истока реки над устьем являются основными составляющими мощности гидроэлектростанции. Достаточная высота падения воды необходима для выработки электрической энергии. Каждая река, около населенного

пункта, даже небольших размеров, может вырабатывать большое количество электрической энергии. В качестве водоема также может быть использовано море. Гидравлическая энергия, получаемая от моря, складывается из таких показателей как: волновая энергия, приливная и отливная энергия, соленость, температура. Приливная волна создается притяжением воды. Минус морской гидроэнергетики заключается в том, что ей необходим доступ к открытым водоемам. Данный тип водоемов присутствует не во всех населенных пунктах. В связи с тем, что почти с каждым городом в России вблизи располагается река, сконцентрируем внимание на речной гидроэлектроэнергии [4].

### Материалы и методы

Гидроэлектростанция состоит из энергетического оборудования. Станция содержит зал, который включает в себя гидравлические машины. Данные машины преобразуют водную энергию в электрическую. В гидроэлектрическом комплексе может быть установлено следующее дополнительное оборудование: контрольно-измерительные приборы, трансформаторный блок, распределительные механизмы, шлюзы, судоподъемники, рыбопропускные, ирригационные водозаборные сооружения [5].

Гидроэлектростанции подразделяются на три мощностных типа:

Мощные гидроэлектростанции. Выработка электроэнергии превышает 25 МВт.

Гидроэлектростанции средней мощности. Выработка электроэнергии не превышает 25 МВт.

Гидроэлектростанции малой мощности. Выработка электроэнергии не превышает 5 МВт.

КПД турбинного и генераторного оборудования, установленного на гидроэлектростанции, влияет на мощностные показатели гидроэлектростанции. Также данные показатели зависят от напора и расхода воды [6].

Мощность гидроэлектростанции можно рассчитать по следующей формуле:

$$N = 9,8 \cdot V \cdot h$$

где  $N$  – мощность гидроэлектростанции, кВт;

9,8 – коэффициент ускорения свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$V$  – объем воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$h$  – максимальная высота падения воды,  $\text{м}$ .

Гидроэлектростанция имеет отличительную способность, а именно мощностную цикличность. Этот показатель напрямую зависит от природных факторов.

Станции выработки гидроэлектроэнергии имеют три цикла работы: недельный, месячный и годичный.

Напор воды оказывает важное влияние в гидравлической системе. Максимальное использование напора определяет тип гидроэлектростанции. Всего существует три типа:

1. Гидроэлектростанции высокого напора. Они имеют напор более 60 м;
2. Гидроэлектростанции среднего напора. Они имеют напор от 25 м до 60 м.;
3. Гидроэлектростанции низкого напора. Высота напора составляет от 3 до 25 м.

Принцип работы гидроэлектростанции представлен на рисунке 1

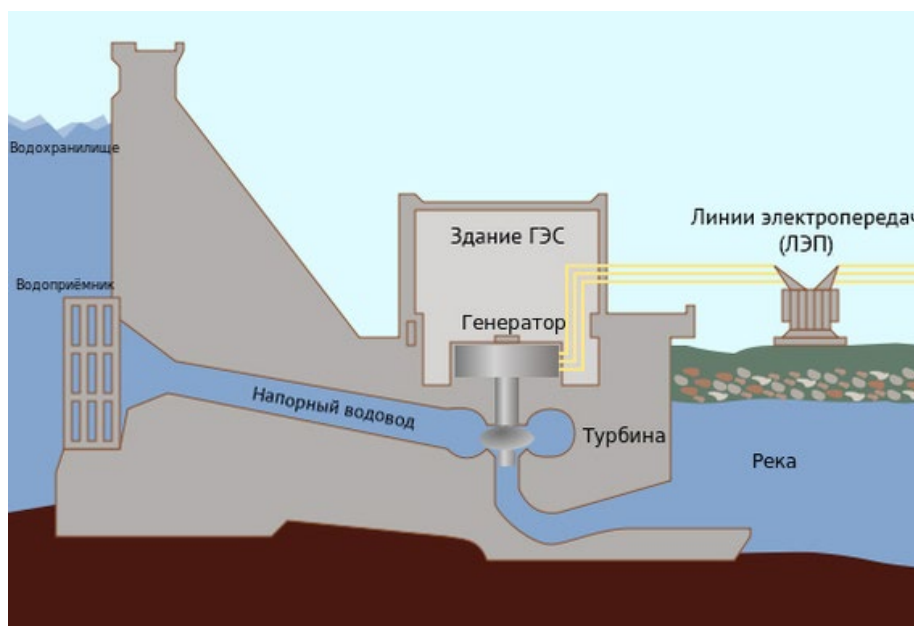


Рисунок 1 – Принцип работы гидроэлектростанции

Вода из водохранилища направляется в водоприемник, далее по напорному водопроводу под давлением направляется в турбину. Созданный напор воды выводит турбину из статичного состояния. Турбина начинает вращать генераторы. Генератор принимает механическую энергию и начинает вырабатывать электрическую энергию. Данная электроэнергия по линиям электропередач направляется потребителям [7].

Гидроэлектростанции зависят от природных ресурсов и подразделяются на следующие типы:

1. Русловые гидроэлектростанции. В данном типе устанавливается плотина для создания напора воды. Плотина полностью блокирует реку или поднимает уровень воды в ней до нужной отметки.

2. Приплотинные гидроэлектростанции. В данном случае здание гидроэлектростанции располагается за плотинным сооружением, в его нижней части. Здесь применимо использование специальных плотинных тоннелей.

3. Деривационные гидроэлектростанции. Вода отводится от главного русла реки к зданию гидроэлектростанции по каналу. Данные станции возводятся при большом уклоне реки. Деривационная установка приведена на рисунке 2.

4. Гидроаккумулирующие гидроэлектростанции. Принцип данного типа заключается в том, что электрическая энергия аккумулируется и используется в период пиковых нагрузок.

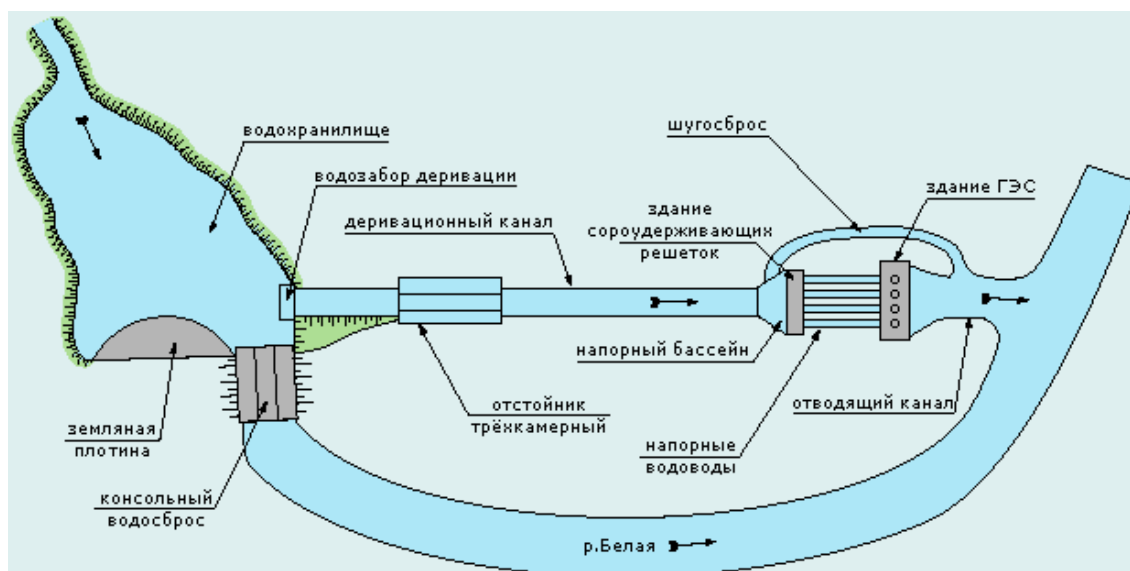


Рисунок 2 – Деривационная гидроэлектростанция

Гидроэлектростанции не приносят вред окружающей среде. В связи с тем, что станции используют возобновляемые источники энергии, стоимость конечной электроэнергии ниже, чем от способов получения электрической энергии невозобновляемыми источниками.

#### Результаты эксперимента

Гидроэлектростанции преобразуют механическую энергию воды в электрическую. Станции гидравлического типа имеют высокий КПД. Он превышает показатели тепловых электростанций. Высокое значение КПД достигается за счет качественного технологического оборудования на производстве. Данное оборудование на гидроэлектростанции имеет длительный срок службы. Это зависит от отсутствия топлива и выделения тепловой энергии [8].

В России более 2,8 млн рек общей длиной 12,4 млн км, суммарный годовой сток рек составляет 4258,6 км<sup>3</sup>. В следствии этого построено и введено в эксплуатацию 14 гидроэлектростанций. Они имеют единичную мощность более 1000 МВт.

На рисунке 3 приведены Крупнейшие гидроэлектростанции в России.

№ п/п	Название	Мощность (млн кВт)	Река
1	Саяно-Шушенская	6,4	Енисей
2	Красноярская	6	Енисей
3	Братская	4,5	Ангара
4	Усть-Илимская	4,3	Ангара
5	Богучанская	3	Ангара
6	Волжская	2,5	Волга
7	Жигулевская	2,3	Волга
8	Бурейская	2	Буряя
9	Чебоксарская	1,4	Волга
10	Саратовская	1,3	Волга

Рисунок 3 – Крупнейшие гидроэлектростанции в России

Рассчитаем объем воды, поступающей в три крупнейшие гидроэлектростанции России.

Объем воды, поступающий в Саяно-Шушенскую гидроэлектростанцию, можно рассчитать по следующей формуле:

$$V = \frac{N}{9,8 \cdot h}$$

где  $N$  – мощность гидроэлектростанции, кВт;

9,8 – коэффициент ускорения свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;

$V$  – объем воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$h$  – максимальная высота падения воды, для Саяно-Шушенской гидроэлектростанции составляет 220 м.

$$V = \frac{6400000}{9,8 \cdot 220} = 2968,46 \text{ м}^3/\text{с}$$

Аналогично рассчитаем объем воды, поступающий в Красноярскую гидроэлектростанцию. При расчете учитываем, что максимальная высота падения воды в Красноярской гидроэлектростанции 152,5 метра:

$$V = \frac{6000000}{9,8 \cdot 152,5} = 4014,72 \text{ м}^3/\text{с}$$

Рассчитаем объем воды, поступающий в Братскую гидроэлектростанцию. При расчете учитываем, что максимальная высота падения воды в Красноярской гидроэлектростанции 125 метра:

$$V = \frac{4500000}{9,8 \cdot 125} = 3673,47 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем воды, поступающей в гидроэлектростанцию, напрямую зависит от природных условий, таких как климатическая зона и осадки.

### **Обсуждение**

Гидроэлектростанции формируют новую инфраструктуру производственного и социального назначения. Они обеспечивают потребителей электрической и тепловой энергией. Также улучшают условия производственной деятельности и жизни людей. Десятки тысяч людей в России получили рабочие места при введении в эксплуатацию Братской и Саяно-Шушенской ГЭС. В США целые регионы зависят от гидроэлектростанций. Они избавляют людей от наводнений, обеспечивают энергией и водой сельскохозяйственные предприятия, улучшают экологические показатели.

Развитие гидроэнергетической промышленности характеризуется повышением эффективности использования гидроресурсов. На данный момент мощность крупнейших в мире ГЭС превышает 15 000 МВт. Мощность гидроэлектростанций сильно возросла. Это зависит от улучшения технологического оборудования и усовершенствования технологий.

Гидроэлектростанции имеют возможность регулировки мощностных характеристик станции. Данные станции за короткий временной промежуток способны набрать рабочую мощность, в отличие от тепловых станций.

### **Заключение**

Гидроэлектростанции являются экологически безопасным производством. Они не загрязняют атмосферный воздух. Это связано с тем, что они используют возобновляемые природные ресурсы. Гидроэлектростанции влияют на становление умеренных климатических показателей. Стоимость электрической энергии, полученной с помощью гидроэлектростанции намного ниже, чем стоимость электроэнергии, вырабатываемой на

тепловых станциях. Строительство плотин улучшает судоходные условия, влияет на увеличение рыбных запасов в них, способствуют рыбоводству.

#### Список литературы:

1. Гидроэлектростанции в XXI веке: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф., Саяногорск; Черемушки, 14–16 апреля 2021 г.; отв. за вып. А.В. Толмачев. – Саяногорск; Черемушки: СаяноШушенский филиал Сибирского федерального университета, 2021. – 408 с.: ил.
2. Современное состояние гидроэнергетики и гидротурбостроения в России и за рубежом / Михайлов В.Е., Иванченко И.П., Прокопенко А.Н. // Теплоэнергетика. – 2021. – № 2. – С. 5–15.
3. Актуальность гидроэнергетики и использования малых и мини гидроэлектростанций в наше время / Куплевацкий Д.В., Горт М.В., Кадигроб Д.В., Кузнецов А.А., Шабуров П.О. // Молодой исследователь. – 2020. – С. 467–470.
4. Зверев А.А. Перспективы развития гидроэнергетики в Восточной Сибири / Зверев А.А. // Байкал – Родина – Планета. – 2018. – С. 23–25.
5. Иргашева Н.А. Преимущества автоматизации в гидроэнергетике / Иргашева Н.А., Саидова О.С // Вестник Удмуртского университета. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – Т. 51, вып. 3. – С. 26–32.
6. Перспективы развития альтернативной гидроэнергетики в Красноярском крае / Федий К.С., Встовский С.А., Федорченко И.С., Спиринов Е.А. // Журнал Сибирского Федерального Университета. Серия: Техника и технологии. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 97–105.
7. Применение современных электроцилиндров в управлении оборудованием гидроэнергетики / Гаджиалиева И.В., Любицкий А.М., Любицкий М.В., Топчиев А.В., Чебанов К.А. // SCIENCES OF EUROPE – 2021. – № 69-1(69). – С. 61–64.
8. Новости гидроэнергетики и гидротехники / Слива И., Захарова Н., Макаров С. // Гидротехническое строительство – 2018. – № 10. – С. 70–72.

#### References:

1. Hydroelectric power stations in the XXI century: Sat. Materials VIII All-Russian. scientific-practical. Conf., Sayanogorsk; Cheryomushki, April 14–16, 2021; resp. for issue A.V. Tolmachev. – Sayanogorsk; Cheryomushki: Sayano-Shushensky branch of the Siberian Federal University, 2021. – 408 p.: ill.
2. The current state of hydropower and hydroturbine engineering in Russia and abroad / Mikhailov V.E., Ivanchenko I.P., Prokopenko A.N. // Thermal power engineering. - 2021. - No. 2. - P. 5–15.
3. The relevance of hydropower and the use of small and mini hydroelectric power plants in our time / Kuplevatsky D.V., Gort M.V., Kadigrob D.V., Kuznetsov A.A., Shaburov P.O. // Young researcher. - 2020. - S. 467–470.
4. Zverev A.A. Prospects for the development of hydropower in Eastern Siberia / Zverev A.A. // Baikal - Motherland - Planet. - 2018. - S. 23–25.

5. Irgasheva N.A. Advantages of automation in hydropower / Irgasheva N.A., Saidova O.S. // Bulletin of the Udmurt University. Series: Intellect. Innovation. Investments. - 2020. - V. 51, no. 3. - S. 26-32.
6. Prospects for the development of alternative hydropower in the Krasnoyarsk Territory / Fediy K.S., Vstovsky S.A., Fedorchenko I.S., Spirin E.A. // Journal of the Siberian Federal University. Series: Technics and technologies. - 2021. - V. 14, No. 1. - S. 97-105.
7. Application of modern electric cylinders in the control of hydropower equipment / Gadzhialieva I.V., Lyubitsky A.M., Lyubitsky M.V., Topchiev A.V., Chebanov K.A. // SCIENCES OF EUROPE - 2021. - No. 69-1(69). - P. 61-64.
8. News of hydropower and hydraulic engineering / Sliva I., Zakharova N., Makarov S. // Hydrotechnical construction - 2018. - No. 10. - P. 70-72.