

нагрузочных узлов  $P_J^{opt}$ . Вычисления продолжаются в итеративном цикле до тех пор, пока разница между двумя соседними значениями потерь  $\tilde{\pi}(P)$  не станет меньше заданной точности ( $\omega_2$ ). Вычисление оптимальных значений мощностей станций и балансирование режима выполняется во внешнем итерационном цикле, после чего найденные величины (в случае необходимости) корректируются и процесс вычислений повторяется до получения желаемой точности ( $\omega_3$ ) и ( $\omega_4$ ).

Таким образом, процесс оптимального распределения активных мощностей между генерирующими и потребляющими узлами с поочередной фиксацией подвекторов  $P_I^{opt}$  и  $P_J^{opt}$  выполняется до тех пор, пока заданная точность не будет достигнута на каждом этапе многоуровневого алгоритма.

### Список использованных источников

1. Александров О.И. Оптимизация режима электроэнергетической системы с выбором состава основного оборудования в период ремонтной кампании / О.И. Александров, С.В. Домников, А.М. Бакановский // Известия ВУЗов и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – № 6. – 2002. – С. 3–16.

2. Aleksandrov O.I., Muhsen A. Planning of an optimum mode in Electric Power System with the account for repair switchings-off / A. Muhsen // Power Engineering. (Energetika), Kaunas – № 3. – 2003. – P. 45–51.

УДК 621.31

**Ф.С. Арабов, Н. Андалеби**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими  
Душанбе, Таджикистан

### ВЛИЯНИЕ СТОКООБРАЗОВАНИЯ РЕК НА ВЫРАБОТКУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ МАЛЫХ ГЭС

*Аннотация.* В статье рассмотрены основные вопросы планирования выработки электроэнергии на малых ГЭС в зависимости от стока рек. Проведено причинно-следственная связь между образованием стока и атмосферных факторов на гарантированную мощность МГЭС. Рассмотрен один из вариантов планирования выработки электроэнергии на малых ГЭС с использованием метода математической регрессии.

## **INFLUENCE OF RIVER RUNOFF ON ELECTRICITY PRODUCTION OF SMALL HYDRO POWER PLANTS**

***Abstract.** The article discusses the main issues of planning electricity generation at small hydroelectric power stations depending on river flow. The cause-and-effect relationship between the formation of runoff and atmospheric factors on the guaranteed capacity of small hydroelectric power stations is presented. One of the options for planning electricity generation at small hydroelectric power stations using the mathematical regression method is considered.*

При планировании производства электроэнергии на малых ГЭС исходя из среднего многолетнего значения расхода воды в реке в засушливые годы будет недостаточной обеспеченность стока, что приведет к снижению производства электроэнергии. Когда речной сток уменьшается, малые гидроэлектростанции работают при пониженном напоре, что ограничивает способность гидроэнергетики участвовать в покрытии графика нагрузки и, таким образом, теряется потенциал выработки электроэнергии. Необходимо разработать и выбрать новые методы планирования производства электроэнергии на МГЭС отдельно и в составе каскадов ГЭС при планировании производства на основе прогнозов речного стока. Прогнозирование производства электроэнергии на малых гидроэлектростанциях (МГЭС) на основе речного стока может осуществляться с использованием различных методов, включая статистические и методы моделирования. Основные этапы прогнозирования:

**Сбор данных:** Сбор исторических данных о выработке гидроэлектроэнергии и речном стоке. Для учета сезонных изменений важно иметь данные за длительный период времени.

**Анализ данных:** выполнить анализ данных, чтобы понять взаимосвязь между потреблением воды и производством электроэнергии. Используются графические и статистические методы для выявления закономерностей и взаимосвязей [1].

**Создание кривой гидроэнергетики.** Создание кривой доступности потока, *которая* показывает взаимосвязь между расходом воды и производством электроэнергии. Обычно эта кривая представляет собой график, на котором ось X представляет поток воды, а ось Y представляет производство электроэнергии.

**Моделирование и прогнозирование.** Для прогнозирования производства электроэнергии на основе гидроэлектрической кривой

можно использовать различные методы. Например, если у вас есть текущий расход воды, вы можете найти подходящее выходное значение, используя кривую.

Использование дополнительных факторов. В зависимости от сложности системы в модель могут быть включены дополнительные факторы, такие как температура воды, количество осадков и т. д., для повышения точности прогноза [2].

Проверка модели: проверьте производительность модели на исторических данных путем сравнения прогнозов с фактическими данными. Чтобы оценить точность, используйте различные показатели, такие как средняя абсолютная ошибка (MAE) или среднеквадратическая ошибка (MSE).

Мониторинг и обновление: постоянно отслеживает производительность модели и проверяет ее требования. Сезонные тенденции и условия могут меняться, поэтому модель необходимо адаптировать к новым данным.

Прогнозирование производства электроэнергии малыми ГЭС на основе речного стока позволяет оптимизировать использование гидроэнергетических ресурсов и управлять производством электроэнергии в соответствии с текущими условиями. При планировании производства электроэнергии в горных районах Таджикистана при отсутствии достаточных данных расчеты производства электроэнергии основывались на определении коэффициентов взаимной корреляции  $r$  между величинами водных ресурсов в снежном покрове, влажностью почвы и количество электроэнергии, произведенной на гидроэлектростанциях, с использованием метода корреляционного анализа, основанного только на коэффициентах стока. В работе использовалась множественная линейная корреляция с пошаговым регрессионным анализом для выявления прогнозирующих связей.

То есть, если переменная  $Y$  зависит от нескольких переменных  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , то для каждой реализации  $Y$  справедливо:

$$Y - \bar{Y} = C_1 (X_1 - \bar{X}_1) + C_2 (X_2 - \bar{X}_2) + \dots + C_n (X_n - \bar{X}_n) \quad (1)$$

Данное уравнение называется уравнением регрессии переменного  $Y$  на переменные  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . При нахождении коэффициентов уравнения регрессии в уравнении (1) был использован метод наименьших квадратов. Далее была использована методика выработки электроэнергии МГЭС при влиянии атмосферных факторов. Статистические методы прогнозирования основываются на анализе многочисленных факторов атмосферных изменений на обширной территории формирования стока реки. Аналогичный метод был

применен в данной статье при разработке модели планирования выработки электроэнергии на основе атмосферных факторов. При нынешнем развитии техники и технологии можно получить достаточное количество данных об атмосферных изменениях на обширных территориях. При ограниченных территориях, особенно в горных условиях Таджикистана, более удобно использовать существующие методики разложения регрессии по полям, по давлению и температуре, основываясь полиномами Чебышева [4].

При этом поле давления  $P$  можно задавать в точках пересечения прямоугольной регулярной сетки меридианов и параллелей с координатами  $x = 1, 2, 3, 4, \dots, n$ ;  $y = 1, 2, 3, 4, \dots, m$ . Такое поле можно представить в виде суммы произведений,

$$P_{(x,y)} = A_{00} + A_{10}\Psi_1(x)\Psi_0(y) + A_{01}\Psi_0(x)\Psi_1(y) + A_{11}\Psi_1(x)\Psi_1(y) + \dots + A_{ij}\Psi_i(x)\Psi_j(y) \quad (2)$$

Коэффициенты  $A_{ij}$  определяются из выражения:

$$A_{ij} = \frac{\sum_{x,y} P(x,y)\Psi_i(x)\Psi_j(y)}{\sum_x \Psi_i^2(x) \sum_y \Psi_j^2(y)} \quad (3)$$

Где  $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi$  - функции, заданные таким образом, что фактор  $A_{ij}$  отображает некоторое распределение  $P$ .

Для обеспечения удовлетворительного совпадения расчетного и фактического поля достаточно вычислять только первые 10 членов ряда. Изменение атмосферных сезонов в горных районах проходит обычно от двух до трёх месяцев, которое позволяет оценивать преобладание разных процессов и прогнозировать уровень стока на один два месяца вперёд.

Модель планирования выработки на малых ГЭС, основываясь на атмосферных изменениях, можно применять с учетом тех параметров, которые могут существенно влиять на формирование стока в реках и выработку электроэнергии ГЭС. Значение геопотенциала местности позволяет построить модель прогнозирования выработки электроэнергии ГЭС на основе климатических факторов. Для начала используется давление поля геопотенциала, где необходимо произвести расчёты в зависимости от месяца, которое позволяет разложить коэффициенты разложения поля геопотенциала за весь период наблюдений. Множество поочерёдных барических полей можно представить в виде функции от времени  $F(t, x)$ , где  $t$  - время, ( $t = 1, 2, 3, \dots, m$ ) закрепляющие для каждого частного поля, а  $x$  - параметр координата ( $x = 1, 2, 3, \dots, n$ ) разложением по естественным ортогональным составляющим  $X_h(x)$ ,  $h = 1, 2, 3, \dots$ ) с коэффициентами разложения  $T_h(t)$ , изменяющимися от одного поля к другому с течением времени.



водохранилища. // Гидротехническое строительство. - 2012. - №4, с.27 - 30.

3. А.К. Киргизов., Л.С. Касобов., С. Расулов. /Оценка гидрологических режимов малых водотоков Памира при проектировании малых ГЭС. // Вестник Донецкого национального технического университета, № 1 (16). – Донецк: «Цифровая типография», 2014. – С. 75–78. УДК. 621.311. ISSN: 2074-2630
4. М.Б. Иноятов., А.К. Киргизов / К вопросу использования малой гидроэнергетики в условиях Таджикистана. // Вестник Таджикского технического университета № 2. 2008. – Душанбе: ТТУ имени акад. М.С. Осими, 2008. – С. 38-42. ISSN: 2075-177X

УДК 620.91

**О.Ч. Атаева, А.Ш. Канаева, Ы.Г. Гурбанов**

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт  
Ашхабад, Туркменистан

## **ДОСТИЖЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

*Аннотация.* Уже на протяжении последних десятилетий наблюдается огромное желание многих развитых государствах и других развивающихся экономик перейти на национальный уровень к использованию энергии возобновляемых источников энергии. Но основным средством энергетического сбережения стало структурное изменение экономики, запущенной с целью расширения доли энергоэффективного производства.

**O.Ch. Ataeva, A.Sh. Kanaeva, Y.G. Gurbanov**

Turkmen State Architecture and Construction Institute  
Ashgabat, Turkmenistan

## **ACHIEVEMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES**

*Abstract.* Already over the past decades, there have been many developed countries and groups of developing economies moving to a national level to use energy from renewable energy sources. But the main means of energy conservation was the structural change of the economy, which was launched to eliminate energy-efficient production.

«Зелёная» энергетика — это чистая энергия, которая, в не зависимости от ископаемого нефтетоплива, не загрязняет окружающую