

вычислительных затрат более чем на два порядка меньше по сравнению с разностным методом. С возрастанием требований точности, а также при увеличении коэффициента связи волн преимущества спектральной методики возрастают.

Представленные результаты численного моделирования динамики световых полей в РОС структурах показывают существенные преимущества предложенной методики на основе спектрального метода Чебышева в сочетании с методом Рунге – Кутты четвертого порядка точности по сравнению с традиционно используемыми для данного класса задач разностными методами характеристик. Основным достоинством спектрального метода является предоставляемая им возможность существенного сокращения числа узлов пространственной сетки, благодаря чему удается сократить вычислительные затраты для достижения приемлемой точности на порядок и более.

Список использованной литературы

1. Chung, B. S. An efficient split-step time-domain dynamic modeling of DFB/DBR laser diodes / B. S. Chung, J. S. Lee // IEEE journal of quantum electronics. – 2000. – Vol. 36, № 7. – С. 787–794.
2. Виноградова, М. Б. Теория волн / М. Б. Виноградова, О. В. Руденко, А. П. Сухоруков. – М., 1979. – 434 с.
3. Trefethen, L. N. Spectral Methods in MATLAB / L. N. Trefethen. – Philadelphia : SIAM, 2000.

УДК 556.165:556.16.06(476)

А. А. ВОЛЧЕК, С. И. ПАРФОМУК, Ю. П. АШАЕВ, С. В. МУХОВ
Брест, БрГТУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНАЛИЗА МАЛОВОДНЫХ И МНГОВОДНЫХ СЕРИЙ

Изучение динамики и колебаний стока во времени, трансформации водного режима, внутрigoдового перераспределения стока должно проводиться с целью прогнозирования стока воды рек в будущем. Во второй половине прошлого столетия проводились исследования по созданию детерминистических моделей процессов формирования речного стока с помощью методов математической физики и их использованию в гидрологических прогнозах и расчетах. Разработка новых методов применения малопараметрических нелинейных динамических моделей речного стока,

позволяющих описать физические механизмы цикличности многолетних колебаний речного стока, сохраняет свою актуальность [1].

Во многих отраслях народного хозяйства (гидротехническом строительстве, экологии, гидрологии, земледелии, сельском хозяйстве, навигации, агротехнике и др.) остро ощущается необходимость в данных о стоке недостаточно исследованных рек. Для этих целей использовались различные косвенные методы определения стока, которые не давали удовлетворительных результатов. В этой связи необходима разработка более точных методов определения стока неизученных рек на основе систематизации имеющейся информации о данных гидрометрических наблюдений на территории Беларуси и данных единичных наблюдений за стоком.

Целью настоящей работы является изучение тенденции речного стока к образованию маловодных и многоводных серий с последующей разработкой адекватных моделей прогнозирования колебаний речного стока Беларуси.

Исходными данными для исследований послужили материалы наблюдений Департамента гидрометеорологии Министерства природы Республики Беларусь за среднегодовыми расходами воды по пяти основным речным створам Беларуси за период инструментальных наблюдений.

При изучении серий многоводных и маловодных лет принято рассматривать два критерия, первый из которых основан на анализе средней длины серий, а второй оценивает вероятность появления отдельных длинных серий. Для оценки критериев используются теоретические значения средних длин и вероятностей серий исходя из условий независимости элементов выборки, которые сопоставляются с фактическими значениями, рассчитанными для исследуемых рядов данных.

Для ряда с независимыми членами характерно равновероятное появление маловодных и многоводных единичных серий, а их количество составляет половину от всех возможных вариантов. При увеличении длины серий на единицу теоретическая вероятность их появления и доля от общего числа серий уменьшаются вдвое.

Вероятность p появления маловодного или многоводного года для ряда с независимыми элементами составляет 0,5, поэтому средняя длина серий b определяется как $\frac{1}{p} = \frac{1}{0,5} = 2$ года. При средней длине серий,

существенно отличающейся от двух лет, члены исследуемого ряда не являются независимыми. Для оценки средней длины серий \bar{b} исследуемого ряда принято использовать критерий серийности с 95 %-ми доверительными пределами [2]:

$$\frac{1}{1-1,96\sqrt{\frac{1}{n}}} < \frac{\bar{b}}{b} < \frac{1}{1+1,96\sqrt{\frac{1}{n}}}, \quad (1)$$

где n — число членов выборки.

Если отношение фактической и теоретической средней длины серий выходит за пределы соотношения (1), тогда гипотеза о независимости элементов исследуемого ряда должна быть отвергнута.

При изучении серий многоводных и маловодных лет на основании второго критерия необходимо рассматривать наибольший объем выборки, для которого вероятность появления хотя бы одной серии заданной длины не превышает 5 %. Если объем исследуемой выборки с известной наибольшей длиной серии меньше теоретического значения, то гипотеза о независимости членов выборки отвергается.

Ряды годовых расходов воды 5 основных рек Беларуси исследованы на наличие многоводных и маловодных серий различной длины. Из исследованных рядов среднегодовых расходов воды рек Беларуси по длине серий и их доле в общем количестве ряд годового стока реки Неман — г. Гродно наиболее приближен к теоретическому ряду с независимыми членами.

Для исследуемых рядов годового стока рек Беларуси и ряда случайных чисел рассчитан и сопоставлен с теоретическими значениями критерий средней длины серий. Для случайного ряда подтвердилась гипотеза о независимости его элементов. Для рядов годовых расходов воды рек Березина, Западная Двина и Припять гипотеза о случайности членов ряда должна быть отвергнута, в то же время для рядов годового стока Днепра и Немана гипотеза о независимости элементов выборки не может быть отвергнута.

Далее были получены результаты исследования рядов с точки зрения вероятности появления отдельных длинных серий, подтверждающие, что гипотеза о случайности членов выборки должна быть отвергнута для тех же рек, что и по первому критерию. На основании исходных данных установлено, что длина наибольшей серии до 9 лет включительно свидетельствует о независимости элементов ряда. Наибольшие серии рядов годового стока рек Березина, Днепр и Западная Двина были маловодными, а рек Неман и Припять — многоводными.

При анализе рядов годовых расходов воды следует учитывать цикличность в колебаниях стока, поэтому для прогноза речного стока основных рек Беларуси рассматривался 11-летний период — наиболее устойчивый цикл солнечной активности, известный в настоящее время. Расчетный период служил полигоном для прогноза стока воды рек на 5 лет на основании уравнения регрессии в следующем виде:

$$Q_2(t) = \alpha \cdot Q_1(t) + \beta + \xi(t), \quad (2)$$

где $Q_2(t)$ и $Q_1(t)$ – расходы воды в прогнозируемый и расчетный периоды соответственно; α , β – эмпирические коэффициенты; $\xi(t)$ – независимая случайная величина.

При прогнозировании стока воды основных рек Беларуси получены результаты, удовлетворяющие требованиям практики. Для моделирования водного режима использован разработанный авторами пакет прикладных программ [3].

Низкая эффективность прогноза речного стока для Припяти объясняется различной длиной серий для расчетного и прогнозного периодов, а для Западной Двины – несовпадением количества серий на прогнозируемом и расчетном интервале. Для реки Неман также отмечено расхождение в количестве серий, однако все прогнозные точки по данному створу попали в интервал $\pm 20\%$ по причине небольшой амплитуды колебаний стока в прогнозном и расчетном интервале.

Список используемой литературы

1. О решении одной стохастической модели многолетних колебаний речного стока / А. А. Волчек [и др.] // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2008. – № 5 – С. 83–87.
2. Речной сток и геофизические процессы / И. П. Дружинин [и др.]. – М.: Наука, 1966. – 296 с.
3. Волчек, А. А. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Вестн. Полес. гос. ун-та. Сер. природовед. наук. – 2009. – № 1. – С. 22–30.

УДК 53.06 : 51-74

В. И. ГЛАДКОВСКИЙ, В. В. БОРУШКО

Брест, БрГТУ

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА

Полупроводниковая светотехника в настоящее время является одним из приоритетных направлений развития науки и техники. В разнообразных практических приложениях все более широко применяются мощные светодиоды. Эти полупроводниковые источники света обладают энергетической эффективностью, экологической безопасностью, компактностью конструкции и достаточно низкими управляющими напряжениями, что обеспечивает длительный срок службы. Известно, что рабочие параметры све-