ВОЛНЫ КОНДРАТЬЕВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УКЛАДЫ

Е. А. Наташкина, Л. Е. Басовский

Предложен подход к моделированию циклов Н. Кондратьева и технологических укладов. На первом этапе с помощью спектрального анализа выявляются циклы Кондратьева, на втором — с помощью регрессионного анализа определяются начала повышательных полуволн, на третьем — с помощью регрессионного анализа определяется вклад технологических укладов в ВВП. Предложены простейшие кусочно-линейные функции влияния технологических укладов, реализующие гипотезы В. Маевского. Идентифицированы циклы Кондратьева в Западной Европе и США. Идентифицированы уклады и дана оценка продуктивности технологических укладов в экономике США в период 1881–2010 гг., получены прогнозы реального душевого ВВП в США.

Проблемам моделирования и прогнозирования экономического развития посвящено большое число работ, в которых используются модели длинных волн — циклов Н. Кондратьева [3, 6] и технологических укладов [2, 5]. При этом и относительно существования волн Кондратьева, и адекватности моделей технологических укладов некоторыми экономисты высказываются сомнения [4, 5].

Получить эконометрические модели волн Кондратьева и технологических укладов с помощью доступных программных средств можно, используя подход, включающий три этапа анализа.

На первом этапе выполняется спектральный анализ отрезков ряда экономической динамики длиной не менее 100 лет и устанавливается отношение мощности волн с периодом порядка 50 лет к общей мощности колебаний показателей, характеризующих экономическую динамику. Перед этим выделяется долгосрочный тренд, и получаются для спектрального анализа остатки — отклонения от тренда. Рассмотрим примеры анализа, выполнимого на первом этапе исследования.

Связь с волн Кондратьева с началом индустриального периода развития некоторыми экономистами подвергается сомнению. В связи с этим исследовались ряды экономических показателей в период перехода экономических систем к индустриальному развитию. Для анализа формирования волн Кондратьева в Западной Европе был использован индекс Бевериджа цен на пшеницу за период 1500–1869 гг. [1]. Исследовались отрезки ряда длиной по 100 лет, начиная с 1500 г., которые далее смещались на 10–20 лет. В качестве функции тренда был выбран полином второй степени. Отклонения от тренда — остатки подвергались спектральному анализу. Результаты анализа представлены на рисунке 1.

На рисунке 1 сплошной линией показано изменение относительно мощности волны с периодом порядка 50 лет, штриховой линией — изменение мощности наиболее сильной волны с более коротким периодом. Полученные результаты показывают, что волны с периодом порядка 50 лет, которые принято связывать с именем Н. Кондратьева, сформировались в Западной Европе на отрезке времени с 1765 по 1795 г. За этот период мощность этих полувековых волн возросла с 7–8% суммарной мощности спектра до 27%. Волна с периодом в 50 лет стала самой мощной волной динамики цен.

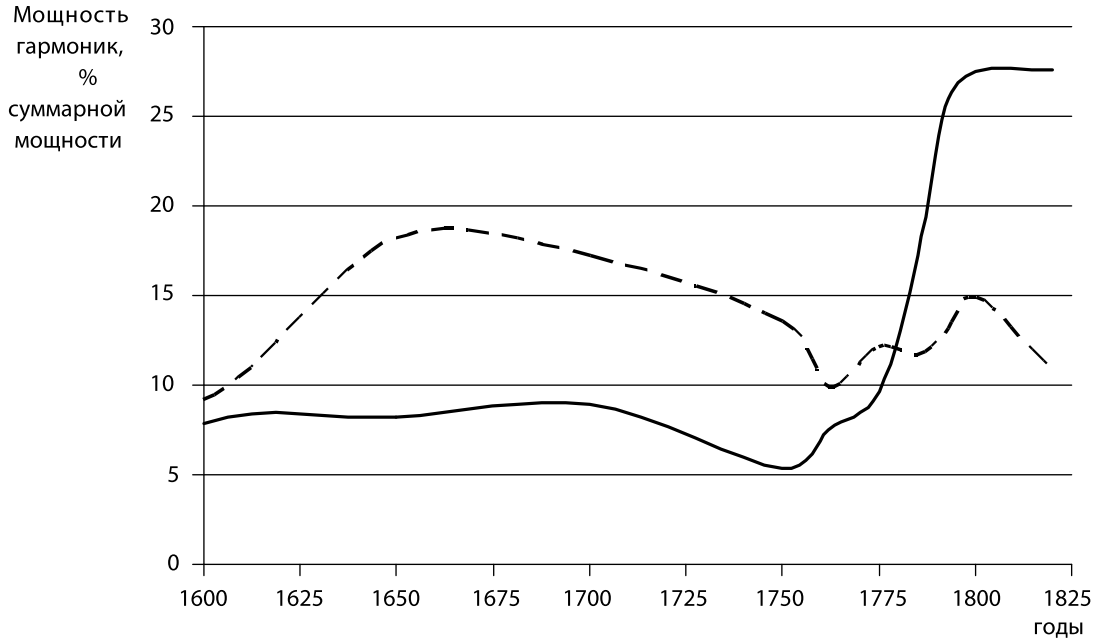


Рис. 1. *Мощность волн с периодом 50 лет и волн с более коротким периодом (штриховая линия) ряда индекса цен Бевериджа на пшеницу*

Из экономической истории известно, что в период 1765–1895 гг. происходило становление индустриальной экономики в Великобритании и началось формирование индустриальной экономики в ряде других стран Западной Европы. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют в пользу утверждения о том, что волны Кондратьева сформировались с началом индустриального периода развития экономики.

Поскольку в разных странах переход к индустриальному развитию происходил в различные периоды, то для выявления связи формирования волн Кондратьева с началом индустриального развития был выполнен анализ рядов экономической динамики некоторых стран, в которых этот процесс происходил в XIX в. Анализировался ряд реального ВВП, приходящегося на душу населения в США, в период с 1790 г. по 2010 г. [7]. Ряд был представлен в форме натурального логарифма величины реального ВВП в долл. 2005 г.

Анализ позволил установить, что нарастание мощности волн с периодом в 50 лет происходило в два этапа: первый этап — с 1850 по 1865 г., второй этап — с 1900 по 1915 г. Таким образом по меньшей мере первый этап формирование волны экономической динамики с периодом ориентировочно в 50 лет совпадает с периодом становления индустриальной экономической системы в США.

Удается обнаружить значительное количество фактов существования волн Н. Кондратьева в национальной и региональной экономической динамике и фактов, подтверждающих, что эти волны сформировались в период возникновения индустриальных экономических систем.

На втором этапе исследования выполняется регрессионный анализ. Необходимо получить уравнение регрессии модели, включающей функцию тренда и гармоническую составляющую в форме:

$$a\times\sin\left(2\pi\frac{t}{T}\right)+b\times\cos\left(2\pi\frac{t}{T}\right),$$

где a и b — коэффициенты; t — текущий год; T — период волны Кондратьева на рассматриваемом отрезке временного ряда.

Получение регрессионного уравнения, содержащего гармоническую составляющую в указанной форме, позволяет по величине соотношения коэффициентов установить смещение года начала волны от начала анализируемого ряда. Регрессионный анализ выполняется путем последовательных приближений с варьированием величины периода, в ходе которого выбирается уравнение с минимальным значением стандартной ошибки модели. Рассмотрим примеры анализа, выполнимого на втором этапе исследования.

Был выполнен регрессионный анализ, направленный на моделирование первой волны

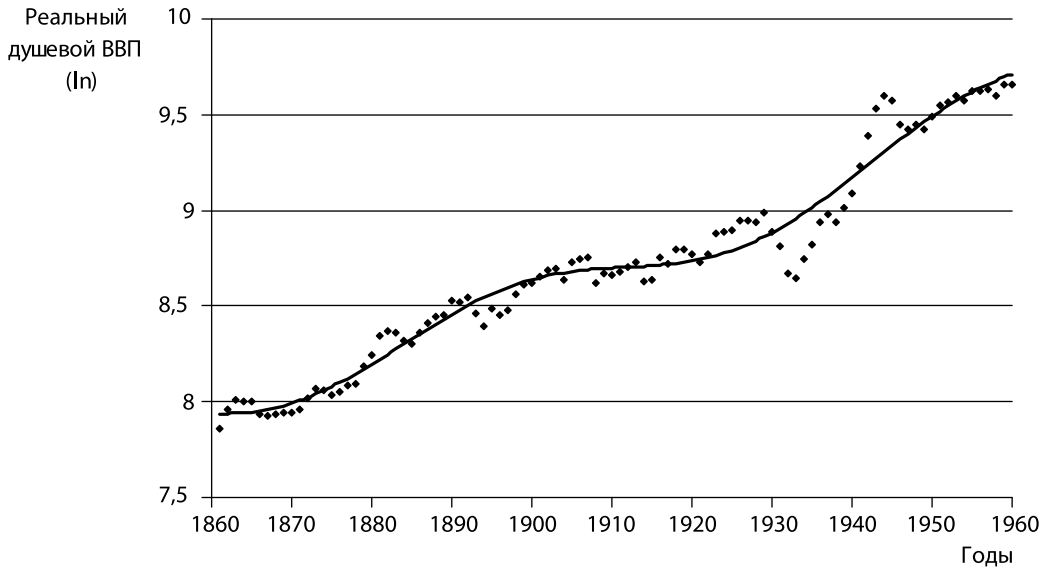


Рис. 2. *Модель душевого реального ВВП США с гармонической составляющей*

Кондратьева с использованием отрезка ряда Бевериджа длиной в 100 лет. Период функции длинной волны, минимизирующий ошибку модели, составил 62 года, начало первой повышательной волны оказалось отнесенным к 1706 г., второй — 1768 г. Уровень объяснения полученной модели составил 60%, тогда как модель тренда имела уровень объяснения только 40%. Коэффициенты значимости модели в целом и всех регрессионных коэффициентов оказались многократно ниже предельно допустимых.

Первая обнаруженная волна, по мнению авторов, является предвестником формирования волн Кондратьева. Эта волна может быть объяснена в рамках концепции технологических укладов [5, 6] как волна, связанная с зарождением и распространением первого уклада. Вторая волна может быть идентифицирована как первая волна Кондратьева.

Регрессионный анализ ряда душевого реального ВВП США в долларах 2005 г. [7] позволил получить адекватную модель, иллюстрируемую графиком, представленным на рис. 2. Полученная модель, позволяет определить годы начала повышательных полуволн Кондратьева, к которым можно относить зарождение и распространение новых технологических укладов.

Результаты анализа, выполняемого на втором этапе, можно уточнить путем получения регрессионных моделей представляющих более короткие отрезки временных рядов, например, длиной в 25–50 лет.

На третьем этапе исследования выполняется регрессионный анализ технологических укладов. В качестве основы таких моделей можно использовать единичные функции влияния укладов. Их можно построить в соответствии с гипотезами, выдвинутыми В. А. Маевским. В экономике одновременно функционируют несколько укладов; жизненный цикл уклада более чем в два раза превышает кондратьевский цикл, один из функционирующих укладов является доминирующим; новый уклад зарождается, когда доминирующий уклад приближается к потере доминирующей роли, или начинает ее терять [5].

В. Маевский, кроме того, рекомендовал использовать различные, в том числе кусочно-линейные модели [5]. В исследовании предлагается использовать следующие кусочно-линейные функции влияния укладов.

Во-первых — трапециевидную функцию влияния уклада, которая возрастает от нуля до единицы за один цикл Кондратьева, в течение второго цикла сохраняет единичное значение, в течение третьего цикла — убывает до нуля. Таким образом, функция влияния уклада представляет собой трапецию, высота которой равна 1,00. Функция каждого последующего уклада начинает возрастать, когда функция влияния предыдущего уклада достигает единичного значения, что приводит к тому, что в каждый момент времени существуют три технологических уклада, сумма функций влияния которых примерно равна 2,0.

Во-вторых — треугольную функцию влияния уклада, которая возрастает от нуля до единицы за два цикла Кондратьева, в течение третьего — убывает до нуля. Таким образом, функция влия-

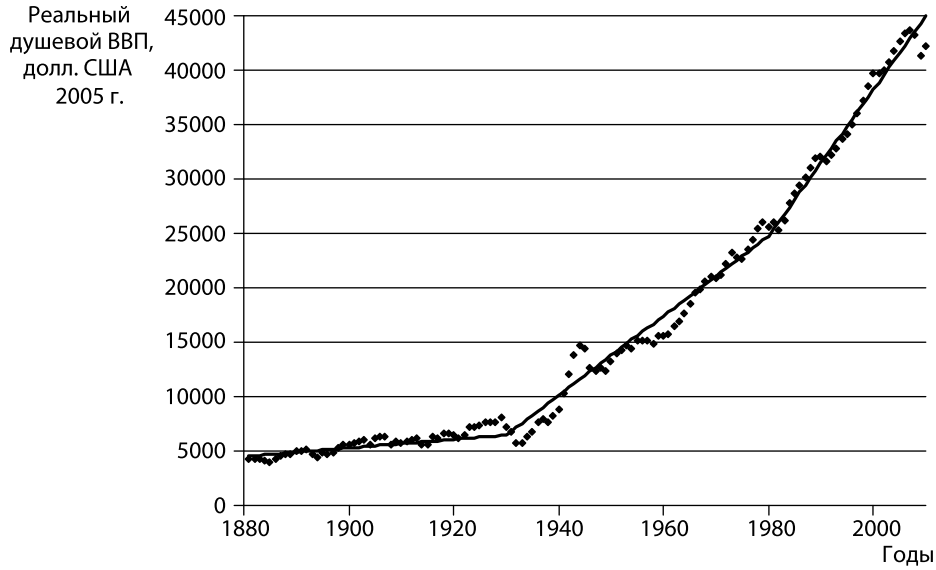


Рис. 3. *Регрессионная модель технологических укладов в экономике США*

ния уклада представляет собой треугольник, высота которого равна 1,00. Функция каждого последующего уклада начинает возрастать, когда функция влияния предыдущего уклада росла в течение одного цикла Кондратьева, что означает: в каждый момент времени существуют три технологических уклада, сумма функций влияния которых примерно равна 1,5.

Модель строится как уравнение множественной линейной регрессии, в котором независимыми переменными являются единичные функции влияния укладов, функционирующих в экономике. Получить регрессионное уравнение модели, отражающей функционирование трех укладов, возможно при использовании временного ряда длиной существенно больше двух волн Кондратьева.

Рассмотрим пример анализа, выполнимого на третьем этапе исследования. Получим модели реального душевого ВВП, используя значения ряда этого показателя в США за период 1881–2010 гг. [7]. Полагаем, в первом приближении, что начало повышательных полуволн циклов Кондратьева и зарождение новых укладов относится к началу 1880-х, 1930-х и 1980-х гг. Таким образом, охватываются три периода. Первый из них обычно связывают с доминированием третьего уклада, второй — с доминированием четвертого уклада, третий — с доминированием пятого уклада и распространением шестого [2].

В результате регрессионного анализа была получена модель реального душевого ВВП с уровнем объяснения 99,3% и стандартной ошибкой 1003 долл. Другие характеристики модели представлены в таблице. Модели иллюстрируется графиком на рис. 3.

Таблица

Характеристики модели реального душевого ВВП США

Характеристика модели	Величина для моделей, долл. 2005 г.	
	трапециевидной	треугольной
Константа (реликтовые уклады)	4493,5	4493,5
Ошибка константы	269,1	269,1
Регрессор 1 (четвертый уклад)	1972,3	3944,6
Ошибка регрессора 1	387,8	775,7
Регрессор 2 (пятый уклад)	18258,8	32573,0
Ошибка регрессора 2	332,7	1292,2
Регрессор 3 (шестой уклад)	35670,4	42712,4
Ошибка регрессора 3	890,1	3499,9

Константы полученных моделей можно рассматривать как оценки вклада реликтовых технологических укладов — первого, второго и третьего. Три регрессора моделей отражают вклад четвертого, пятого и шестого укладов в реальный душевой ВВП. Полученные модели могут использоваться для прогнозирования, в предположении неизменности длины текущей волны.

Прогноз реального душевого ВВП в США на 2030 год составил 53 329 и 56 929 долл. 2005 г. по данным первой и второй моделей соответственно.

Список источников

1. *Андерсон Т.* Статистический анализ временных рядов. — М.: Мир, 1976.

2. *Глазьев С. Ю.* Теория долгосрочного технико-экономического развития. — М.: ВлаДар, 1993.

3. *Кондратьев Н. Д.* Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. — М.: Экономика, 2002.

4. *Коротаев А. В., Цирель С. В.* Кондратьевские волны в мировой экономической динамике // Системный мониторинг. Глобальное и региональное развитие. — М.: Либроком, 2010. — С. 189-229.

5. *Маевский В.* Введение в эволюционную экономику. — М.: Япония сегодня, 1997.

6. *Alexander Michael A.* The Kondratiev Cycle. A Generational Interpretation. — Universe, 2002.

7. Real Gross Domestic Product. U.S. Department of Commerce: Bureau of Economic Analysis. [Electronic resource]. URL: http://research.stlouisfed.org/fred2/categories/18

УДК 330(075.8)
ключевые слова: эконометрический подход, волны Кондратьева, периоды, технологические уклады, кусочно-линейные функции, цены, реальный ВВП, прогнозы