
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 338.27:338.12.017

М. М. Абреков

ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве РФ»,
Москва, e-mail: 09maga09@bk.ru

МОДЕЛЬ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА РЕАЛЬНОГО ВВП США

Ключевые слова: темпы роста ВВП, инфляция, безработица, коэффициент детерминации, тест Голдфелда – Квандта, тест Дарбина – Уотсона.

США является государством с развитой и здоровой рыночной экономикой, о чем свидетельствуют экономические показатели. Наиболее значимый показатель, измеряющий эффективность экономики – темп роста ВВП в 2019 году составили 2,2%. Инфляция потребительских цен составила 1,8% по итогам 2019 года, что является отличным результатом по сравнению с другими странами, особенно развивающимися. Согласно данным Всемирного банка, в стране наблюдается снижение уровня безработицы, годовой уровень безработицы в 2019 году составил 3,87% в США. Перечисленные характеристики состояния экономики, а также другие показатели, рассмотренные в этой статье, отражают успешность государства, в связи с чем оно было выбрано для построения эконометрической модели темпов роста ВВП. В работе использовался широкий спектр мер для проверки качества моделей, а также проверки выполнения условий теоремы Гаусса Маркова. Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что модель может быть использована при прогнозировании.

М. М. Abrekov

Financial University under the Government of the Russian Federation University,
Moscow, e-mail: 09maga09@bk.ru

ECONOMIC GROWTH MODEL OF THE US REAL GDP

Keywords: GDP growth rates, inflation, unemployment, coefficient of determination, Goldfeld-Quandt test, Darbin-Watson test.

The USA is a state with a developed and healthy market economy, as evidenced by economic indicators. The most significant indicator measuring the effectiveness of the economy – the GDP growth rate in 2019 amounted to 2.2%. Consumer price inflation amounted to 1.8% in 2019, which is an excellent result compared to other countries, especially developing ones. According to the World Bank, the country has a decline in unemployment, the annual unemployment rate in 2019 was 3.87% in the United States. The listed characteristics of the state economy, as well as other indicators considered in this article, reflect the success of the state, and therefore it was chosen to build an econometric model of GDP growth rates. The work used a wide range of measures to verify the quality of models, as well as to verify that the conditions of the Gauss Markov theorem are satisfied. The results of the study indicate that the model can be used in forecasting.

Введение

Соединенные Штаты Америки являются развитой капиталистической державой со значительным потенциалом развития и огромной производственной мощью. Эта огромная страна во всех смыслах, наделенная природными ресурсами, сегодня остается наиболее экономически развитым государством.

Каждое государство имеет свои характерные факторы развития и США не являются исключением в этом отношении. Огромная территория (9,8 мил-

лиона квадратных километров), огромный потребительский рынок (население – более 327 миллионов человек), богатство природных ресурсов, развитые рыночные отношения являются факторами, способствовавшими экономическому прогрессу.

Располагаясь вдали от театров военных действий, Соединенные Штаты не подвергались ударам мировых войн, а, наоборот, использовали их в качестве мощного фактора расширения рынков. В ходе время второй мировой войны го-

сударство увеличило свой экономический потенциал в два раза оставив далеко позади своих конкурентов из Японии и Западной Европы, став абсолютным лидером.

В настоящий момент США являются экономически высокоразвитым государством со сложной экономической географией. Сохраняя свое лидерство в международной политике и области научно-технического прогресса, эффективно используя трудовые и внутренние природные ресурсы, а также международное разделение труда и укрепляя глобальную интеграцию, она занимает первое место в мире по объему ВВП (21,44 трлн долл. США в 2019 году), существенно опередив Китайскую Народную Республику располагающуюся на втором месте (14,14 трлн долл. США в 2019 году).

ВВП отдельных штатов не уступает ВВП многих стран: Калифорния со своими 3 трлн долл. в 2018 году сопоставима с Индией (2,72 трлн долл. в 2018 году) или Соединенным Королевством (2,83 трлн долл. в 2018 году), Техас с Испанией (1,43 трлн долл. в 2018 г.) и Израилем (0,38 трлн долл. в 2018 г.) вместе взятыми, а Пенсильвания (0,78 трлн долл. в 2018 г.) превосходит Саудовскую Аравию (0,78 трлн долл. в 2018 г.). О высоком уровне экономиче-

ского развития в США также свидетельствует размер ВВП на душу населения – 65,1 тысячи долларов, по данному показателю страна входит в десятку лучших результатов.

Как видно из рисунка 1, годовой рост ВВП США по итогам 4 квартала 2019 года составил 2,1%, также, как и в 3 квартале. Основными движущими силами данного роста были рост государственных расходов, расходов на личное потребление, инвестиции в основной капитал, государственные и местные правительственные расходы, которые были частично компенсированы отрицательными результатами капитальных нежилых инвестиций и частными инвестициями в товарно-материальные запасы. Импорт, который вычитается при расчете ВВП, снизился.

Регрессионный анализ

Для построения эконометрической модели темпов роста ВВП была выбрана модель множественной линейной регрессии. Оценка регрессии проводилась с помощью метода наименьших квадратов. Набор данных, взятых для анализа, охватывает период с первого квартала 2000 года по четвертый квартал 2019 года. Выбранные нами данные отражают рост за четыре предыдущих квартала.

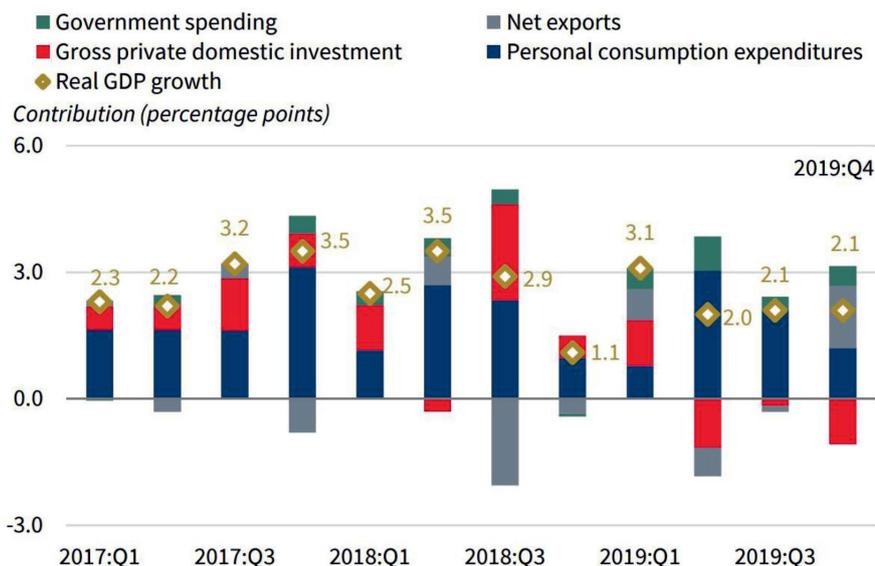


Рис. 1. Темпы роста реального ВВП США [16]

Экзогенной переменной является темп роста реального ВВП США – Y_t . Нами были использованы следующие переменные в качестве эндогенных:

- CG_t – темп роста расходов на личное потребление товаров, %;
- CS_t – темп роста расходов на личное потребление услуг, %;
- I_t – темп роста валовых частных внутренних инвестиций, %;
- Ex_t – темп роста экспорта, %;
- Im_t – темп роста импорта, %;
- G_t – темп роста государственных расходов на потребление и валовых инвестиций, %.

Далее согласно первому принципу спецификации модели необходимо перевести экономические законы в математический язык, в связи с чем использовались линейные математические уравнения для построения модели [1, 2]. Согласно второму принципу спецификации количество уравнений должно равняться количеству эндогенных переменных, в связи с чем дополнительные условия добавлены [3]. Таким образом, первоначальная форма модели была сформирована.

$$\begin{cases} Y_t = a_0 + a_1 * CG_t + a_2 * CS_t + a_3 * I_t + a_4 * Ex_t + a_5 * Im_t + a_6 * G_t + \varepsilon_t \\ E(\varepsilon_t) = 0 \\ \sigma(\varepsilon_t) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Для выполнения третьего принципа спецификации – датирования всех переменных был введен индекс t в каждой эндогенной переменной [4, 5]. Также мы выполнили требование четвертого принципа спецификации – отражения случайного возмущения с помощью введения переменной ε_t .

Первым этапом конструирования нашей модели является проведение корреляционного анализа для определения взаимосвязи между экзогенными и эндогенными переменными [14, 15]. В результате анализа мы определили, что имеется сильная позитивная линейная взаимосвязь между темпом роста валовых частных внутренних инвестиций и темпом роста реального ВВП США, тогда как между темпом роста реального ВВП США и темпами роста расходов на личное потребление товаров, экспорта и импорта имеется заметная позитивная линейная взаимосвязь. Стоит отметить, что связь между темпом роста реального ВВП США и темпами роста расходов на личное потребление услуг является умеренной. Мы также определили, что связь между темпами роста государственных расходов на потребление и валовых инвестиций и темпами роста реального ВВП США отсутствует, несмотря

на это данный показатель не исключен из нашего набора данных до проведения t -теста (табл. 1).

Поскольку определены связи между исследуемыми показателями и построена первоначальная модель, мы провели регрессионный анализ, результаты которого представлены в табл. 2. R^2 составил 0,981, что свидетельствует о весьма высокой связи между экзогенными и эндогенными переменными, согласно шкале Чеддока [6, 7]. В целом, мы можем интерпретировать данный результат как соответствие модели данными, и что 98% отклонения экзогенной переменной объясняется изменениями эндогенных переменных (табл. 2).

Используя результаты регрессионного анализа, первичная эконометрическая модель может быть преобразована в оцененную форму [8]. Оцененная модель отражает взаимоотношения между экономическими показателями, ранее отраженными в качестве переменных. Правильное отражение оцененной модели предполагает написание результатов в форме системы уравнений:

1. Все коэффициенты $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ должны быть заменены значениями, полученными в ходе регрессионного анализа $-0.245, 0.236, 0.509, 0.158, 0.118, -0.154, 0.185$.

2. Стандартная ошибка должна быть написана под каждым коэффициентом в скобках [9].

3. Основные индикаторы достаточности модели также должны быть указаны, такие как R^2 , F наблюдаемая, F критическая со степенями свободы df_1 and df_2 , t_{crit} со степенями свободы df_2 .

$$\left\{ \begin{array}{l}
 Y_t = -0.245 + 0.236 * CG_t + 0.509 * CS_t + 0.158 * I_t + 0.118 * Ex_t - 0.154 * Im_t + 0.185 * G_t + \varepsilon_t \\
 \quad (0.075)(0.011)(0.035)(0.005)(0.006)(0.09)(0.015) \\
 \quad [-3.272][21.887][14.637][34.987][19.047][-17.993][12.680] \\
 R^2 = 0.981; F = 617.278 \\
 F_{crit} = 2.214; t_{crit} = 1.666 \\
 df_1 = 6; df_2 = 73; df = 79
 \end{array} \right. \quad (2)$$

Таблица 1

Корреляционная матрица

	Y_t	CG_t	CS_t	I_t	Ex_t	Im_t	G_t
Y_t	1						
CG_t	0,564	1					
CS_t	0,435	0,376	1				
I_t	0,772	0,180	0,197	1			
Ex_t	0,624	0,157	0,265	0,569	1		
Im_t	0,545	0,284	0,500	0,710	0,694	1	
G_t	0,051	0,006	-0,056	-0,246	-0,213	-0,270	1

Таблица 2

Регрессионный анализ

Регрессионная статистика				
Множественный R	0,990			
R-квадрат	0,981			
Нормированный R-квадрат	0,979			
Стандартная ошибка	0,332			
Наблюдения	80			
Дисперсионный анализ				
	df	SS	MS	F
Регрессия	6	408,449	68,075	617,278
Остаток	73	8,051	0,110	
Итого	79	416,500		
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t -статистика	P -Значение
Y-пересечение	-0,245	0,075	-3,272	0,002
CG_t	0,236	0,011	21,887	0,000
CS_t	0,509	0,035	14,637	0,000
I_t	0,158	0,005	34,987	0,000
Ex_t	0,118	0,006	19,047	0,000
Im_t	-0,154	0,009	-17,993	0,000
G_t	0,185	0,015	12,680	0,000

Проверка значимости рассчитанного уравнения проведена с помощью F-критерия Фишера. Наблюдаемое (рассчитанное) значение превышает критическое значение Фишера, что свидетельствует о невыполнении нулевой гипотезы H_0 о статической незначимости уравнения [10, 11]. Также невыполнение нулевой гипотезы предполагает, что значение коэффициента детерминации является не случайным и качество спецификации модели является высоким.

Проверка значимости рассчитанных коэффициентов уравнения проведена с помощью t-теста [12, 13]. В результате сопоставления критического значения t с рассчитанными значениями t было определено, что по всем исследуемым коэффициентам нулевая гипотеза о незначимости коэффициентов отклонена, с вероятностью ошибки в 1%, все рассчитанные коэффициенты являются значимыми, в связи с чем переменные данных коэффициентов не исключены (табл. 3).

Таблица 3

t-статистика

Показатель	$ t_{x_i} $	>, <, =	$t_{кр}$	Результат
Y	3,272	>	2,645	Значим
CG _t	21,887	>	2,645	Значим
CS _t	14,637	>	2,645	Значим
I _t	34,987	>	2,645	Значим
Ex _t	19,047	>	2,645	Значим
Im _t	17,993	>	2,645	Значим
G _t	12,680	>	2,645	Значим

Для проверки математической адекватности нами рассчитаны верхний и нижний интервал возможного нахождения предсказанной с помощью модели величины в четвертом квартале 2019 года. Как можно заметить из таблицы 4 спрогнозированное значение роста ВВП составляет 2,2% что на 1 базисный пункт выше реального значения, но все еще находится в доверительном интервале. Разница между верхним и нижним интервалами равняется 1,1, что не является значительной величиной и свидетельствует об адекватности модели.

Таблица 4

Тест на адекватность модели

Показатель	Величина
Реальная величина Y_t в 2019	2,1
Прогнозная величина Y_t в 2019	2,2
Верхняя интервал Y_t в 2019	2,7
Нижний интервал Y_t в 2019	1,6

Применение метода наименьших квадратов предполагает выполнение нескольких основополагающих предпосылок теоремы Гаусса Маркова [14]. Первой из которых является равенство математического ожидания случайных отклонений нулю для всех наблюдений. Для проверки выполнения данной предпосылки в MS Excel рассчитана средняя величина, которая равна нулю. Выполнение первой предпосылки доказывает, что случайное отклонение в выборке данных не имеет систематического смещения.

Следующим требованием применения МНК является постоянство дисперсии случайных отклонений для всех наблюдений. Для определения выполнения описанной предпосылки был проведен тест Голдфелда Квандта с уровнем значимости 5%, результаты которого представлены в табл. 5.

Таблица 5

Тест Голдфелда Квандта

Показатель	Величина
ESS ₁	3,2507
ESS ₂	5,0380
GQ	1,5498
GQ ⁻¹	0,6452
F=	2,0144

Согласно данным, представленным в таблице критическое значение Фишера, составляет 2,014, тогда как наблюдаемое значение равнялось 1,549, таким образом можно подытожить, что нулевая гипотеза H_0 принимается в модели имеет место гомоскедастичность.

Третье условие теоремы Гаусса-Маркова предполагает отсутствие автокорреляции – некоррелирование между собой случайных отклонений в выборке.

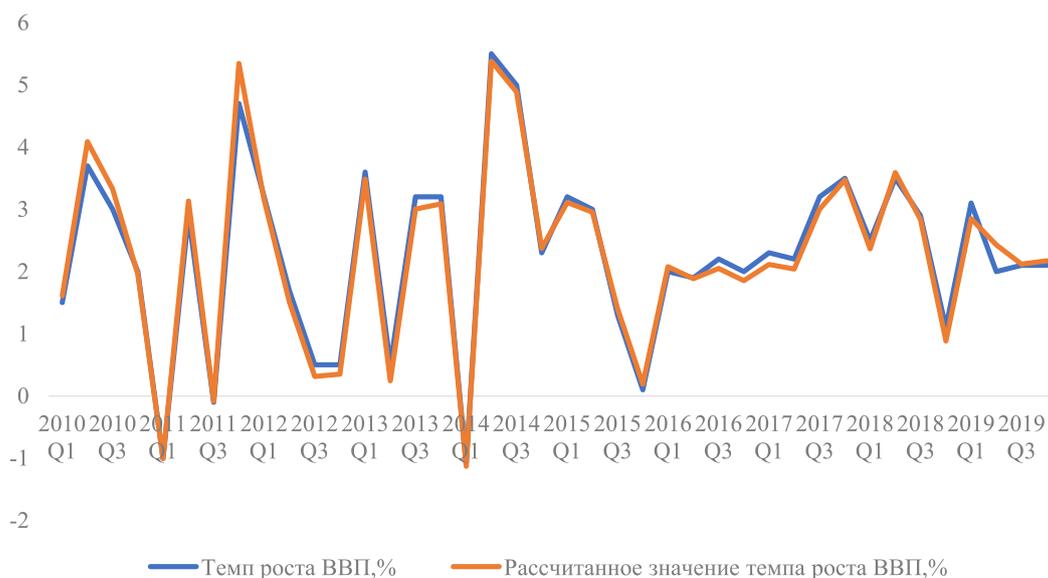


Рис. 2. Фактические и рассчитанные темпы роста ВВП США

Широко применимым методом определения автокорреляции является тест Дарбина Уотсона. Поскольку в исследуемой модели рассматривается 6 переменных в 80 периодах значения статистики, при 5% уровне значимости, составляют следующие результаты $d_1 = 1.480$ и $d_u = 1.801$. Согласно расчётам в MS Excel значение статистики Дарбина-Уотсона равняется 2,067 и поскольку $4-d_u < DW < d_1$ гипотеза об отсутствии автокорреляции подтверждается. Делается вывод об отсутствии автокорреляции в наблюдаемой выборке (рис. 2).

После успешного выполнения необходимых тестов графики фактического и рассчитанного, по модели, темпов роста ВВП США были построены. Как можно заметить из рис. 2, модель достаточно хорошо описывает данные.

Заключение

Представленная эконометрическая модель построена согласно основным принципам эконометрики, а коэффициенты ее переменных значимы. В ходе выполнения работы модель успешно прошла необходимые тесты.

В ходе корреляционного анализа мы определили, что все исследованные переменные имеют линейную связь с темпом роста реального ВВП США за исключением такой переменной как

темп роста государственных расходов на потребление и валовых инвестиций.

Коэффициент детерминации равняется 0,981, что свидетельствует о том, что 98% отклонения экзогенной переменной объясняется изменениями эндогенных переменных. Выполнение F-теста доказало, что значение коэффициента детерминации является не случайным и качество спецификации модели является высоким.

Коэффициенты при переменных и постоянная величина были проверены на значимость путем использования t-теста. В результате теста было определено, что коэффициенты являются значимыми и не должны исключаться из модели.

Для применения МНК были выполнены предпосылки теоремы Гаусса Маркова. Мы определили, что математическое ожидание случайных отклонений для всех наблюдений равно нулю. Путем использования теста Голдфелда Квандта было определено, что дисперсии случайных отклонений постоянны для всех наблюдений. В ходе использования теста Дарбина Уотсона было определено, что отсутствует автокорреляция в наблюдаемой выборке.

В результате проведенного анализа можно подытожить, что оцененная модель может применяться для осуществления прогнозов при наличии информации о эндогенных переменных.

Библиографический список

1. Трегуб И.В. Эконометрика на английском языке: учебное пособие / Трегуб И.В. М.: Русайнс, 2017. 110 с.
2. Болдыревский П.Б. Эконометрика: учебное пособие / Болдыревский П.Б., Зимица С.В. М.: КноРус, 2020. 177 с.
3. Гладилин А.В. Эконометрика: учебное пособие / Гладилин А.В., Герасимов А.Н., Громов Е.И. М.: КноРус, 2019. 227 с.
4. Костромин А.В. Эконометрика: учебное пособие / Костромин А.В., Кундакчян Р.М. М.: КноРус, 2017. 228 с.
5. Демидова О.А. Эконометрика: учебник и практикум для вузов / О.А. Демидова, Д. И. Малахов. М.: Издательство Юрайт, 2020.
6. Эконометрика: учебник для вузов / И.И. Елисеева [и др.]; под редакцией И.И. Елисеевой. М.: Издательство Юрайт, 2020.
7. Тимофеев В.С. Эконометрика: учебник для академического бакалавриата / В.С. Тимофеев, А.В. Фаддеев, В.Ю. Щеколдин. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2019. 328 с.
8. Кремер Н.Ш. Эконометрика: учебник и практикум для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко; под ред. Н.Ш. Кремера. 4-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 308 с.
9. Мардас А.Н. Эконометрика: учебник и практикум для вузов / А.Н. Мардас. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020.
10. Галочкин В.Т. Эконометрика: учебник и практикум для бакалавриата и специалитета / В.Т. Галочкин. М.: Издательство Юрайт, 2019.
11. Костюнин В.И. Эконометрика: учебник и практикум для вузов / В.И. Костюнин. М.: Издательство Юрайт, 2020. 285 с.
12. Подкорытова О.А. Анализ временных рядов: учебное пособие для вузов / О.А. Подкорытова, М.В. Соколов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2020. 267 с.
13. Красс М.С. Математика в экономике: математические методы и модели: учебник для бакалавров / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов; ответственный редактор М.С. Красс. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2019. 541 с.
14. National Data. U.S. Bureau of Economic Analysis (BEA). [сайт] Доступно на: <https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?reqid=19&step=2#reqid=19&step=2&isuri=1&1921=survey> (дата обращения: 25.04.2020).
15. IMF DataMapper. International Monetary Fund [сайт]. Доступно на: <https://www.imf.org/> (дата обращения: 25.04.2020).
16. Economic Report of the President. White House [сайт] Доступно на: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/02/2020-Economic-Report-of-the-President-WHCEA.pdf> (дата обращения: 25.04.2020).