

## Моделирование зависимости ВВП от инвестиций в условиях современной российской экономики

© 2012 Ю.А. Шеховцова

кандидат экономических наук, доцент

Саратовский военный институт внутренних войск МВД России

E-mail: osier703@yandex.ru

В статье поставлена и решена задача оценки инвестиционного мультипликатора современной российской экономики. Произведен сравнительный анализ регрессионных зависимостей, применяемых в моделировании мультипликативных эффектов на макроуровне. Установлено, что в современных условиях для объяснения зависимости ВВП от инвестиций лучше всего подходит модель однофакторной линейной регрессии.

*Ключевые слова:* инвестиционный мультипликатор, временной ряд, регрессионная модель.

Моделирование зависимости валового внутреннего продукта (ВВП) от инвестиций является чрезвычайно важной научно-практической задачей. Модель инвестиционного мультипликатора, устанавливающая зависимость между ВВП и инвестициями в основной капитал, широко используется в макроэкономических исследованиях, в практике антициклического регулирования экономики, в программно-целевом планировании и прогнозировании.

В последние годы появилось немало научных публикаций, посвященных исследованию взаимосвязи инвестиций и ВВП (ВРП). В их числе следует отметить работы Е.В. Балацкого<sup>1</sup>, О.В. Савиновой и Е.М. Королевой<sup>2</sup>, И.В. Разумова<sup>3</sup>, В.Н. Юсима<sup>4</sup>.

Несмотря на то, что научная дискуссия по проблемам современной теории мультипликатора продолжается в отечественной науке уже более 10 лет, многие аспекты этих проблем до сих пор остаются малоизученными. В частности, не получил убедительного ответа вопрос о том, какова величина инвестиционного мультипликатора современной российской экономики (мультипликаторы, полученные отечественными учеными, порой в разы отличаются друг от друга). Нерешенным остается и вопрос о том, какая из множества предлагаемых моделей инвестиционного мультипликатора является на сегодня наилучшей. Получить ответы на эти вопросы и является целью настоящей работы.

Мы считаем, что существенные различия в оценках величины инвестиционного мультипликатора, полученные российскими учеными, во многом обусловлены различиями в применяемой ими методике подготовки исходных статистических данных. Приведем только один пример: В.Г. Зарецкая для моделирования мультипликативных эффектов использует статданные,

выраженные в сопоставимых ценах<sup>5</sup>; в то же время О.И. Рашидов, И.А. Рашидова и М.В. Шатохин предпочитают строить модель инвестиционного мультипликатора на основе номинальных статистических показателей<sup>6</sup>.

Очевидно, что от того, насколько тщательно произведена предварительная обработка статистических данных, зависит качество построенной на их основе регрессионной модели. Поэтому вопросам подготовки исходных статистических показателей уделим более пристальное внимание.

Перечислим основные требования, которым должны отвечать исходные статистические данные. К ним относят требования сопоставимости, однородности и полноты.

Сопоставимость данных обеспечивается использованием единых единиц измерения и методов расчета наблюдаемых экономических показателей. Очевидно, что данные, представленные в табл. 1, не отвечают требованиям сопоставимости, поскольку выражены в разных единицах измерения - миллиардах и миллионах рублей, деноминированных и неденоминированных денежных единицах, в ценах разных периодов времени.

Для того чтобы обеспечить сопоставимость представленных данных, необходимо произвести следующие операции. Во-первых, величины инвестиций и ВВП, наблюдаемые в период с 1998 по 2009 г. и выраженные в миллионах рублей, следует перевести в миллиарды рублей. Во-вторых, величины инвестиций и ВВП за тот же период времени, выраженные в деноминированных денежных единицах, необходимо перевести в неденоминированные денежные единицы из расчета 1:1000 (именно в таком соотношении в 1998 г. в нашей стране была произведена деноминация рубля)<sup>7</sup>. В-третьих, величины инвести-

**Таблица 1. Инвестиции в основной капитал в фактически действовавших ценах и ВВП в текущих ценах, млн. руб., до 1998 г. – млрд. руб.\***

Год	Инвестиции	ВВП	Год	Инвестиции	ВВП
1990	249,1	644,2	2000	1 165 234	7 305 646
1991	210,5	1398,5	2001	1 504 712	8 943 582
1992	2670,2	19 005,5	2002	1 762 407	10 819 212
1993	27125	171 509,5	2003	2 186 365	13 208 234
1994	108 810	610 745,2	2004	2 865 014	17 027 191
1995	266 974	1 428 522	2005	3 611 109	21 609 766
1996	375 958	2 007 825	2006	4 730 023	26 917 201
1997	408 797	2 342 514	2007	6 716 222	33 247 513
1998	407 086	2 629 623	2008	8 781 616	41 428 561
1999	670 439	4 823 234	2009	7 930 255	39 100 653

\* Российский статистический ежегодник. 2010: стат. сб. М., 2010.

ций и ВВП, выраженные в текущих ценах, необходимо перевести в сопоставимые цены. В качестве базового года, в цены которого был произведен пересчет инвестиций и ВВП, был взят 1990 г. Пересчет производился методом прямого дефлятирования. В качестве дефлятора ВВП был взят индекс-дефлятор ВВП, в качестве дефлятора инвестиций (в соответствии с рекомендациями Росстата)<sup>8</sup> - индекс цен строительной продукции.

После преобразований исходных статистических данных были получены следующие временные ряды (табл. 2).

Для того чтобы обеспечить однородность статистических данных, следует выявить и устранить аномальные значения уровней временных рядов. Кроме того, необходимо устранить

случайные колебания значений временных рядов путем их сглаживания (выравнивания).

Для выявления аномальных значений анализируемых динамических рядов была проведена их диагностика по критерию Ирвина, которая позволила определить одно аномальное значение во временном ряду инвестиций, соответствующее 1990 г. В целях обеспечения однородности временного ряда инвестиций их величина, наблюдаемая в 1990 г., была исключена из выборки.

Для устранения случайных колебаний уровней исследуемых временных рядов был выбран метод экспоненциального сглаживания, в результате применения которого были получены следующие значения ВВП и инвестиций (табл. 3).

Третье требование к исходным статистическим данным - требование полноты - означает,

**Таблица 2. Инвестиции в основной капитал и ВВП в ценах 1990 г., млрд. руб.**

Год	Инвестиции	ВВП	Год	Инвестиции	ВВП
1990	249	644	2000	79	342
1991	68	608	2001	89	349
1992	54	520	2002	92	352
1993	47	474	2003	104	390
1994	59	411	2004	118	419
1995	58	344	2005	133	443
1996	59	322	2006	155	460
1997	61	313	2007	187	517
1998	54	293	2008	210	537
1999	61	316	2009	189	506

**Таблица 3. Сглаженный ряд инвестиций в основной капитал и ВВП в ценах 1990 г., млрд. руб.**

Год	Инвестиции	ВВП	Год	Инвестиции	ВВП
1991	68	608	2001	72	339
1992	64	573	2002	78	344
1993	59	533	2003	86	362
1994	59	484	2004	96	385
1995	59	428	2005	107	408
1996	59	386	2006	121	429
1997	60	357	2007	141	464
1998	58	331	2008	162	493
1999	59	325	2009	170	498
2000	65	332			

что ряд должен иметь достаточную длину. Только в случае выполнения этого требования математические методы анализа временных рядов дают достоверные результаты.

Анализ публикаций современных российских ученых показал, что большинство из них применяют достаточно короткие временные ряды для моделирования мультипликативных эффектов в экономике. Как правило, продолжительность динамических рядов, взятых ими для анализа, не превышает 8-10 лет и охватывает период с 1999 по 2009 г. Выбор данного временного интервала чаще всего обосновывается тем, что только в этот период в отечественной экономике наблюдались положительные тенденции роста инвестиций и ВВП, и включение в выборку показателей, относящихся к более раннему периоду времени, сделает ее заведомо неоднородной. Вполне возможно, что приведенные аргументы справедливы, однако они требуют статистической проверки.

Для того чтобы провести такую проверку, воспользуемся тестом Чоу.

На первом этапе выполнения теста Чоу были получены регрессионные зависимости ВВП от инвестиций на временных интервалах, включающих 1991-1998 гг., 1999-2008 гг. и 1991-2008 гг. (для получения этих зависимостей использовалась компьютерная эконометрическая программа Matrixer):

$$\hat{y}_{1991-1998} = 911,1 + 22,611x; \quad (1)$$

$$\hat{y}_{1999-2008} = 218,08 + 1,7226x; \quad (2)$$

$$\hat{y}_{1991-2008} = 386,11 + 0,4284x. \quad (3)$$

На следующем этапе по формулам (1-3) был произведен расчет значений  $\hat{y}_{1991-1998}$ ,  $\hat{y}_{1999-2008}$ ,  $\hat{y}_{1991-2008}$ , найдены отклонения этих значений от фактически наблюдаемых, подсчитана сумма квадратов отклонений  $C_{1991-1998}$ ,  $C_{1999-2008}$ ,  $C_{1991-2008}$ .

Затем было рассчитано фактическое значение  $F$ -критерия по следующей формуле:

$$F_{\text{факт}} = \quad (4)$$

$$= \frac{(C_{1991-2008} - C_{1991-1998} - C_{1999-2008}) \div (k_1 + k_2 - k_3)}{(C_{1991-1998} + C_{1999-2008}) \div (n - k_1 - k_2)},$$

где  $n$  - общее количество наблюдений;

$k_1$  - число параметров в уравнении (1);

$k_2$  - число параметров в уравнении (2);

$k_3$  - число параметров в уравнении (3).

Полученное значение  $F_{\text{факт}}$  было сопоставлено с табличным для  $(k_1 + k_2 - k_3)$  и  $(n - k_1 - k_2)$  степеней свободы и вероятности 5%. Поскольку  $F_{\text{факт}}$ , равное 50,81, превысило  $F_{\text{табл}}$ , равное 4,45, постольку выборку инвестиций в основной капитал и ВВП за период с 1991 по 2008 г. действительно нельзя считать однородной. Это значит, что единую регрессионную модель для временного интервала, включающего 1991-2008 гг., строить нельзя и исследовать мультипликативные эффекты в современной российской экономике придется по материалам достаточно короткого периода времени, включающего 1999-2008 гг.

Теперь, когда мы располагаем достоверными статистическими данными, отвечающими требованиям сопоставимости и однородности (обеспечить требование полноты сегодня не представляется возможным), попытаемся ответить на первый из поставленных в настоящей статье вопросов: какова величина инвестиционного мультипликатора в современной российской экономике. Для того чтобы ответить на этот вопрос, необходимо построить модель инвестиционного мультипликатора. В современной научной литературе для исследования мультипликативных эффектов применяется несколько различных моделей регрессионных зависимостей. Для начала воспользуемся самой популярной из них - моделью однофакторной линейной регрессии:

$$\hat{y} = a + bx, \quad (5)$$

где  $\hat{y}$  - объясняемая переменная;

$x$  - объясняющая переменная;

$a$  - свободный член;

$b$  - коэффициент при объясняющей переменной.

Для оценки параметров уравнения (5) был применен метод наименьших квадратов. В результате была получена модель инвестиционного мультипликатора (2). Для того чтобы оценить качество этой модели воспользуемся критериями, представленными в табл. 4.

Как следует из табл. 4, однофакторная линейная модель инвестиционного мультипликатора получила удовлетворительные оценки по таким критериям, как коэффициент корреляции, коэффициент детерминации,  $F$ -критерий,  $t$ -критерий Стьюдента,  $t$ -критерий, рассчитанный путем преобразования коэффициента Спирмена.

Таблица 4. Критерии значимости уравнения регрессии  $\hat{y}_{1999-2008} = 218,08 + 1,7226x$

Статистика	Фактическое значение	Примечание
Коэффициент корреляции $r$	0,997	Должен быть близок к 1
Коэффициент детерминации $R^2$	0,994	Должен быть близок к 1
$F$ -критерий	1252,26	При вероятности 5 % со степенями свободы 1 и 8 должен быть больше 5,32
Уровень значимости $F$ -критерия	0,000	Должен быть меньше 0,05
$t$ -критерий для параметра $a$	43,150	Не должен попадать в интервал $[-t_{критич}; t_{критич}]$ ; $t_{критич}$ при 5 %-ном уровне значимости со степенью свободы 8 составляет 2,306
Уровень значимости $t$ -критерия для параметра $a$	0,000	Должен быть меньше 0,05
$t$ -критерий для параметра $b$	35,387	Не должен попадать в интервал $[-t_{критич}; t_{критич}]$ ; $t_{критич}$ при 5 %-ном уровне значимости со степенью свободы 8 составляет 2,306
Уровень значимости $t$ -критерия для параметра $b$	0,000	Должен быть меньше 0,05
Доверительный интервал для параметра $a$	206,428-229,737	Не должен содержать нуля
Доверительный интервал для параметра $b$	1,610-1,835	Не должен содержать нуля
$t_{набл}$ коэффициента Спирмена	-1,126	При $ t_{набл}  \leq t_{критич}$ гетероскедастичность в остатках отсутствует; $t_{критич}$ при 5 %-ном уровне значимости со степенью свободы 8 составляет 2,306
Критерий Дарбина - Уотсона $DW$	0,987	При $0 < DW < 0,879$ и при $3,128 < DW < 4$ имеет место автокорреляция в остатках при $0,879 < DW < 1,320$ и при $2,680 < DW < 3,121$ возможна автокорреляция в остатках при $1,320 < DW < 2,680$ автокорреляция в остатках отсутствует

Единственным критерием, фактическая величина которого вышла за пределы допустимых значений, оказался коэффициент Дарбина - Уотсона. Его наблюдаемое значение принадлежит интервалу  $[DL, DU]$ , из чего следует, что в остатках модели возможна автокорреляция.

Если критерий Дарбина - Уотсона указывает на возможность автокорреляции в остатках, рекомендуется произвести корректировку модели. Для устранения автокоррелированности остатков была произведена итеративная процедура Кокрана - Оркатта, на 10-м шаге которой разница между текущим и предыдущим коэффициентом автокорреляции  $\rho$  составила 0,004, и модель приобрела вид

$$\hat{y} = 215,7427 + 1,720x \quad (6)$$

Для того чтобы по найденной модели определить величину инвестиционного мультипликатора, ее необходимо продифференцировать. В результате несложной операции получаем величину мультипликатора инвестиций в российской экономике в период с 1999 по 2008 г. - 1,720.

Как уже отмечалось ранее, однофакторная линейная регрессия не единственная модель, применяемая для описания зависимости ВВП от инвестиций. С этой целью используется также полиномиальная модель, модель с распределенным лагом (конечным и бесконечным) и модель авто-регрессии. В связи с этим возникает второй из вопросов, решение которых составляет цель настоящей работы: какая из перечисленных моделей является наилучшей. Для того чтобы ответить на этот вопрос, построим модель инвестиционного мультипликатора по каждому из перечисленных выше регрессионных уравнений.

Для оценки параметров первой из искомых моделей - модели полиномиальной регрессии вида

$$\hat{y} = a + b_0x + b_1x^2 \quad (7)$$

была произведена замена переменных:  $x = z_0$ ,  $x^2 = z_1$ . В результате чего было получено новое уравнение регрессии

$$\hat{y} = a + z_0 k_0 + z_1 k_1, \quad (8)$$

параметры которого были найдены методом наименьших квадратов.

Анализ статистик, выданных программой *Matrixer*, показал, что из двух переменных  $z_0$  и  $z_1$  только первая является статистически значимой, т.е. переменная  $x^2$  (соответствующая переменной  $z_1$ ) не вносит практически никакого вклада в объяснение вариации ВВП. Сказанное в данном абзаце справедливо не только для полиномов второй степени (7), но и для полиномов более высоких степеней.

Для оценки параметров модели с распределенным конечным лагом  $l$  вида

$$\hat{y}_t = a + b_0 x_t + b_1 x_{t-1} + \dots + b_l x_{t-l} \quad (9)$$

был применен метод полиномиальных лагов Алмон. При этом была произведена серия расчетов для разных комбинаций параметров  $l$  и  $s$  ( $s$  - степень полинома). К сожалению, ни в одном из расчетов этой серии не удалось получить положительные значения для всех коэффициентов при  $x$ . Поскольку отрицательные значения коэффициентов при  $x$  не соответствуют экономическому смыслу модели инвестиционного мультипликатора, полученное уравнение регрессии с распределенным конечным лагом мы отклоняем и далее не рассматриваем.

Для оценки параметров модели с распределенным бесконечным лагом вида

$$\hat{y}_t = a + b_0 x_t + b_1 x_{t-1} + b_2 x_{t-2} + \dots \quad (10)$$

был применен нелинейный метод наименьших квадратов.

В результате была получена следующая регрессионная зависимость:

$$\hat{y}_t = 235,403 + 1,424x_t + 0,071x_{t-1} + 0,004x_{t-2} + 0,0001x_{t-3} + \dots \quad (11)$$

Результаты анализа параметров модели (11) позволяют сделать вывод о том, что инвестиции, произведенные в любом из периодов времени, кроме текущего, оказывают ничтожно малое влияние на величину ВВП текущего периода: 1 руб. инвестиций, произведенных в период времени  $t-1$ , увеличивает ВВП в период времени  $t$  всего на 7 коп.; 1 руб. инвестиций, произведенных в период времени  $t-2$ , увеличивает ВВП в период времени  $t$  всего на 0,4 коп. и т.д. Это обстоятельство объясняется, скорее всего, краткосрочностью осуществляемых в настоящее время инвестиционных проектов, эффект от

реализации которых исчерпывает себя в течение одного года.

Модель с распределенным бесконечным лагом посредством преобразования Койка может быть представлена в виде авторегрессионной зависимости вида

$$\hat{y}_t = a + b_0 x_t + b_1 y_{t-1}. \quad (12)$$

Для оценки параметров данной модели было использовано два метода - метод инструментальной переменной и метод максимального правдоподобия. Расчеты, произведенные по каждому из этих методов, дали идентичные результаты: влияние ВВП предыдущего периода на величину ВВП текущего периода оказалось статистически не значимым.

Таким образом, единственной значимой переменной в полиномиальной модели, модели с распределенным бесконечным лагом и в модели авторегрессии остается переменная  $x$  - инвестиции в основной капитал текущего периода, на основании чего можно сделать вывод о том, что уравнение однофакторной линейной регрессии, связывающее величину инвестиций только с этой переменной, является на сегодня лучшей моделью инвестиционного мультипликатора. Еще один аргумент в пользу данного вывода состоит в следующем: если исключить незначимые переменные  $x^2$ ,  $x_{t-1}$ ,  $x_{t-2}$ ,  $x_{t-3}$ ...,  $y_{t-1}$  из полиномиальной модели (7), модели с распределенным бесконечным лагом (10) и модели авторегрессии (12), мы получим однофакторную линейную модель (2).

Итак, в ходе выполнения настоящего исследования нами было установлено, что в условиях современной российской экономики для объяснения зависимости ВВП от инвестиций лучше всего подходит однофакторная линейная модель. Расчеты, произведенные по этой модели, показали, что величина инвестиционного мультипликатора, наблюдаемая в отечественной экономике в период с 1999 по 2008 г., составила 1,720. Данная оценка инвестиционного мультипликатора является приближенной (так как для построения его модели по объективным причинам использовались достаточно короткие временные ряды), но надежной и достоверной (что подтверждается удовлетворительными значениями критериев качества этой модели).

<sup>1</sup> Балацкий Е.В. Комментарий к кейнсианской концепции мультипликатора // Мировая экономика и междунар. отношения. 2000. □ 11. С. 61-64.

<sup>2</sup> Савинова О.В., Королева Е.М. Зависимость увеличения инвестиций от прироста ВВП в расчете

“эффекта мультипликатора инвестиций” // Экон. науки. 2009. □ 4 (53). С. 90-95.

<sup>3</sup> *Разумов И.В.* Взаимодействие эффектов мультипликатора-акселератора как предпосылка активизации инвестиционной деятельности в России // Экономический анализ: теория и практика. 2008. С. 15-20.

<sup>4</sup> *Юсим В.Н.* О корректности концепции мультипликатора и акселератора инвестиций на макроуровне // Мировая экономика и междунар. отношения. 2000. □ 11. С. 57-61.

<sup>5</sup> *Зарецкая В.Г.* Прогнозирование потребности региона в реальных инвестициях // Региональная экономика: теория и практика. 2010. □ 15 (150). С. 30.

<sup>6</sup> *Рашидов О.И., Рашидова И.А., Шатохин М.В.* Анализ взаимосвязи инвестиций и ВРП по областям Центрального Черноземья // Экономические науки. 2010. □ 1 (62) С. 173.

<sup>7</sup> Об изменении нарицательной стоимости российских денежных знаков и масштаба цен: указ Президента Российской Федерации от 4 авг. 1997 г. □ 822. Доступ из справ.-правовой системы “КонсультантПлюс”.

<sup>8</sup> Об утверждении методологических указаний по расчету потребления основного капитала: приказ Федеральной службы государственной статистики от 9 февраля 2011 г. □ 32. Доступ из справ.-правовой системы “КонсультантПлюс”.

*Поступила в редакцию 06.12.2011 г.*