

Н.П. Горидько, Е.Н. Красина

Влияние инвестиций в модернизацию и человеческого капитала на результаты производственной деятельности: анализ причинно-следственных связей, эффекты замещения и дополнения

Ранее в [1] нами анализировалась связь валового выпуска макросистемы с инвестициями в модернизацию (I_m), в том числе – с инвестициями в модернизацию и реконструкцию машин и оборудования (I_e), рассчитывались мультипликаторы этих инвестиций. Важно отметить, что в представленном анализе не в полной мере учтено влияние на результат производственно-хозяйственной деятельности такого фактора, как человеческий капитал, а ведь именно от его уровня, знаний, навыков и профессионализма работников зависит успешность инновационного развития предприятий высокотехнологичных наукоемких отраслей.

Продолжим предыдущее исследование введением экзогенных переменных, характеризующих вложения не только в материальную часть, но и в совершенствование научно-технического, а также человеческого капитала: $I_{r\&d}$ – инвестиции в НИОКР промышленного производства и Num – численность исследователей по техническим наукам. При этом инвестиции в НИОКР включают:

- амортизацию основных средств и нематериальных активов, используемых для выполнения НИОКР;

- суммы расходов на оплату труда работников, участвующих в выполнении научных исследований и (или) опытно-конструкторских разработок;

- материальные расходы, непосредственно связанные с выполнением разработок;

- затраты на приобретение исключительных прав на изобретения,

Корреляционный анализ (табл. 1) показал, что изменение ВВП России происходит, в основном, с неким лагом по отношению к изменению объема инвестиций в ту или иную часть основного капитала, человеческого капитала или расходов на исследования и разработки в промышленности.

Как видим, изменение расходов на НИОКР промышленного производства прямо связано с объемом ВВП, но эта связь является скорее уме-

ренной в пределах 50-68% в зависимости от лага. В то же время наблюдается тесная отрицательная связь с лагом в 3 года между валовым выпуском и инвестициями в реконструкцию и модернизацию в целом, а также инвестициями в реконструкцию и модернизацию машин и оборудования, в частности. Это может свидетельствовать о том, что положительной отдачи от этих инвестиций в виде прироста ВВП не ожидается, скорее, речь идет о снижении объема ВВП с ростом инвестиций. Причем стоит отметить, что коэффициент корреляции ВВП с частью этих инвестиций, направленных в обновление именно машин и оборудования, несколько ниже по модулю, нежели коэффициент корреляции валового выпуска с инвестициями в модернизацию в целом, которые включают в том числе реконструкцию зданий и сооружений и пр.

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции объема ВВП России
с экзогенными переменными с отрицательными лагами**

Временной лаг, лет	Инвестиции в НИОКР промышленного производства	Инвестиции в реконструкцию и модернизацию	Инвестиции в реконструкцию и модернизацию машин, транспортных средств и оборудования	Численность исследователей по техническим наукам
t	Ir&d	Im	Ie	Num
-3	0,498	-0,896	-0,778	-0,799
-2	0,678	-0,639	-0,597	-0,848
-1	0,636	-0,538	-0,492	-0,908
0	0,549	-0,694	-0,607	-0,875

Также имеет место тесная обратная связь между объемом ВВП и численностью исследователей именно по техническим наукам, наиболее значимая с лагом в 1 год.

На самом деле тут мы имеем дело с шутками статистики, ведь коэффициент корреляции не отражает причинно-следственных связей. Докажем это, измеряя ту же связь с положительными лагами в табл. 2.

Итак, инвестиции в НИОКР промышленного производства, как и следовало ожидать, слабо связаны с объемом ВВП России. Тем не менее, наблюдается тесная отрицательная связь объема ВВП с другими показателями и если ее рассматривать с точки зрения причины и следствия, можно предположить, что с ростом объема ВВП инвестиции по тем или иным направлениям уменьшаются, так же, как и численность исследователей, тем самым все меньшая доля валового национального дохода направляется на обновление средств производства и совершенствование человеческого

капитала, причем разница в темпах изменения показателей растет с течением времени. Тем самым подтверждается все возрастающая недостаточность финансирования процессов модернизации и обновления производства.

Таблица 2

**Коэффициенты корреляции объема ВВП России
с экзогенными переменными с положительными лагами**

Временной лаг, лет	Инвестиции в НИОКР промышленного производства, млн руб.	Инвестиции в реконструкцию и модернизацию, млн руб.	Инвестиции в реконструкцию и модернизацию машин, транспортные средства и оборудования, млн руб.	Численность исследователей по техническим наукам, чел.
t	Ir&d	Im	Ie	Num
0	0,549	-0,694	-0,607	-0,875
1	0,474	-0,668	-0,636	-0,750
2	0,152	-0,804	-0,740	-0,685
3	0,253	-0,821	-0,695	-0,709

Попробуем построить лаговые однофакторные модели, описывающие обозначенные связи. Статистические данные [2, 3] анализировались в базовых ценах 2010 года.

Таблица 3

**Однофакторные лаговые модели связи объема ВВП России (Y)
с Im и Ie по данным 2010-2022 гг.**

№	Модель	R-квадрат	F-Фишера	Стандартная ошибка
1	$Y_t = -10,36 Im_{t-3} + 68889353$	0,803	32,7	895120
2	$Y_t = -19,01 Ie_{t-3} + 61788620$	0,605	12,3	1268122
3	$Im_t = -0,045 Y_{t+3} + 3788108$	0,674	16,5	73788
4	$Ie_t = -0,015 Y_{t+3} + 1227978$	0,483	7,5	37280

Как видим, первые три модели вполне релевантны и значимы со всеми значимыми параметрами ($t_{расч} > t_{табл}$), они подтверждают выводы корреляционного анализа.

Далее для сравнения используем только модели с лагом в 1 год для экзогенных переменных, причем, в некоторых из них используем комбинацию факторов. В табл. 4 представлены функции с доверительным уровнем надежности каждого фактора более 99 % ($p\text{-value} < 0,01$).

Из табл. 4 можно сделать вывод, что наиболее качественными характеристиками обладает модель (6), которая имеет максимально приближенный к 1 коэффициент детерминации и наибольший из вышеотмеченных моделей критерий Фишера. Интерпретируя оценки ее параметров, можно сказать, что увеличение инвестиций в НИОКР на 1 рубль при неизменном количестве исследователей приведет через 1 год к возрастанию ВВП на 186,78 рубля, а увеличение числа научных технических работников на 1 исследователя при неизменном объеме инвестиций в НИОКР приведет к возрастанию ВВП на 33,74 рубля.

Вторая по рейтингу качества – модель (8). По ней можно спрогнозировать, что увеличение инвестиций в промышленное производство на 1 рубль при неизменности объема инвестиций в модернизацию и реконструкцию вызовет прирост ВВП на 241,62 рубля, а увеличение инвестиций в модернизацию на 1 рубль при неизменности объема инвестиций в НИОКР приведет к возрастанию ВВП на 10,12 рублей. Примечательно, что в данной модели значение мультипликатора инвестиций в НИОКР на порядок выше, чем мультипликатор инвестиций в модернизацию.

Таблица 4

**Модели связи $Ir\&d$, Num , Im и Ie с ВВП России (Y)
по данным 2010-2022 гг.**

№	Модель	R-квадрат	F-Фишера	Стандартная ошибка
5	$Y_t = 17,64 Im_{t-1} - 36,37 Ie_{t-1} - 91,38 Num_{t-1} + 106871024,1$	0,925	33,1	702 211,61
6	$Y_t = 186,78 Ir\&d_{t-1} + 33,74 Num_{t-1}$	0,998	2 257,77	2682009,83
7	$Y_t = 45,27 Ir\&d_{t-1} - 63,21 Num_{t-1} + 90211685$	0,887	35,36	814603,64
8	$Y_t = 241,62 Ir\&d_{t-1} + 10,12 Im_{t-1}$	0,998	2 208,54	2711 669,96
9	$Y_t = 345,51 Ir\&d_{t-1}$	0,995	2 332,66	3726903,71
10	$Y_t = 33,04 Im_{t-1}$	0,985	718,27	6681152,32
11	$Y_t = 106,33 Ie_{t-1}$	0,973	391,72	8990736,55
12	$Y_t = -73,59 Num_{t-1} + 104370774,78$	0,825	46,98	963 564,86
13	$Y_t = 72,99 Num_{t-1}$	0,994	1 950,14	4074189,43

В то же время интерес представляют однофакторные модели (9) и (13), интерпретация которых звучит таким образом: увеличение объема инвестиций в НИОКР промышленного производства на 1 рубль и увеличение численности исследователей на 1 научного работника вызовет возрастание ВВП на 345,51 рубль и 72,99 рубля соответственно. Согласно формулам (10) и (11), увеличение инвестиций на 1 рубль в модернизацию / рекон-

струкцию и на 1 рубль в техническое перевооружение приведет к возрастанию ВВП на 33,04 рубля и 106,33 рубля соответственно.

Таким образом, методом регрессионного анализа была доказана значимость человеческого капитала для высокотехнологичных отраслей и оценено влияние его на валовый внутренний продукт нашей страны. Впрочем, обратим внимание на тот факт, что описанные модели в основном лишены свободного члена, присутствие которого, например, в модели (12) по сравнению с функцией (13) меняет даже знак коэффициента при переменной численности исследователей по техническим наукам, т.е. на самом деле исключение свободного члена можно производить только в случае его незначимости, и при этом коэффициент детерминации утрачивает свою абсолютную ценность как показатель качества модели. При этом стоит отметить значительно возросшую стандартную ошибку аппроксимации, которая подтверждает ошибочность принятия решения о необходимости исключения из уравнения (12) константы. То же самое можно сказать, исходя из сопоставления моделей (6) и (7).

Кстати, если принять во внимание то, что в формуле (5) коэффициент при той же переменной Num тоже отрицательный и по своему значению близок к коэффициенту в модели (13), скорее можно отметить, что увеличение инвестиций в модернизацию при сокращении количества исследователей приводит к росту результата, и это может быть обусловлено взаимозаменяемостью факторов производства, ростом производительности труда и т. п.

Так, судя по модели (6), отношение коэффициента при экзогенной переменной Ir&d к параметру при Num составляет $-0,72$ ($45,275/-63,214$), т. е. дополнительное вовлечение исследователя по техническим наукам позволяет высвободить 0,72 млн руб. при неизменном результате (объеме ВВП). Отношение коэффициентов в формуле (6) говорит о том, что вместо одного исследователя по техническим наукам необходимо вложить дополнительно 0,19 млн руб. ($17,64/-91,28$) для сохранения валового выпуска, опять-таки имеет место замещение факторов производства.

В функции (6) также наблюдаем взаимодополняемость факторов Ie и Num, ведь один дополнительный исследователь в промышленном производстве требует привлечения дополнительных инвестиций в реконструкцию машин и оборудования в сумме 0,398 млн руб. ($-36,37/-91,28$) для сохранения объема на том же уровне.

Итак, по результатам исследования можно сказать, что вложения в исследования и разработки промышленного производства не имеют решающего значения для увеличения темпов экономического роста. В то же время, именно инвестиции в реконструкцию и модернизацию могут сыг-

рать положительную роль, впрочем, при их планировании не следует упускать из виду необходимость совершенствования человеческого капитала.

Литература

1. Krasina E.N., Goridko N.P. Investment in the Modernization and Reconstruction of Industrial Equipment: An Evaluation of Multiplier Effects in Russia // Stepnov I. (Ed.). In: Technology and Business Strategy. Springer International Publishing AG. 2021. Pp. 179-194.
2. Indicators. The World Bank. Data. 2020. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator>. Date of access 12.04.2018.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosstat.gov.ru/>.

© Горидько Н.П., Красина Е.Н., 2024