

УДК 330.356.7

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**А.Г. Исаев**

*Исаев Артем Геннадьевич* – кандидат экономических наук, научный сотрудник. Институт экономических исследований ДВО РАН, ул. Тихоокеанская, 153, Хабаровск, Россия, 680042. E-mail: isaev@ecrin.ru.

Модифицированная производственная функция CES позволяет оценить основные технологические параметры экономической системы: эластичность замещения факторов производства, отдачу от масштаба, интенсивность использования трудовых ресурсов. Данные параметры оценены для экономической системы Хабаровского края. Необходимые данные о величине основного капитала рассчитаны на базе модели «жизненного цикла» капитальных благ. На основе построенной производственной функции показано, что для увеличения ВРП Хабаровского края в 3,3 раза в 2025 г. по сравнению с 2010 г. необходимо не только увеличение инвестиций в основной капитал в 3,5 раза, но и ежегодное увеличение производительности единицы фондов в среднем на 1,4%. В противном случае указанный объем накопления основного капитала приведет к росту ВРП лишь в 1,8 раза. Альтернативой повышению эффективности применяемого капитала служит рост занятости в регионе в 1,6 раза по сравнению с уровнем 2010 г.

*Производственная функция CES, технический прогресс, капитал, труд, ВРП, ограниченность ресурсов, региональная экономическая система, Хабаровский край.*

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в российской практике имеется недостаток исследований, в особенности на региональном уровне, о функциональных взаимосвязях между производственными факторами и объемом продукта, производящегося при помощи этих факторов. Во многом это связано с объективными причинами – низким качеством статистической информации (главным образом, это касается основного капитала). Это препятствует оценке не только функциональных взаимосвязей, но и влияния технического прогресса как на выпуск, так и на объемы использования имеющихся факторов.

Оценка технологических параметров производственной функции эконо-

номической системы позволяет выявить также масштабы спроса на факторы производства при том или ином изменении объемов валового продукта, равно как и оценить степень повышения производительности капитала, необходимую для достижения экономической системой целевых показателей роста, в условиях ограниченности ресурсов, прежде всего, трудовых. В свете этого возникает возможность ответа на вопрос, реально ли достижимы технологически целевые объемы выпуска в результате наращивания в регионе физического объема капитальных ресурсов. Исследованию этих вопросов посвящена данная работа.

Структура статьи представлена в следующем виде. В начале приводится описание модифицированной производственной функции с постоянной эластичностью замещения (CES), оценке параметров которой посвящена настоящая работа. Затем оцениваются параметры производственной функции региона на основе данных за 1996–2010 гг. Оценка предваряется изложением статистических ограничений исходных данных, а также возможными способами преодоления этих ограничений. Далее полученная модель используется для анализа экономической динамики региона исходя из долгосрочных перспектив развития, описываемых в Стратегии социально-экономического развития Хабаровского края на период до 2025 г.

## **ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ**

К настоящему времени разработано несколько классов производственных функций, позволяющих учитывать влияние на величину производимого валового продукта (дохода) различных технико-экономических параметров: комбинации факторов, отдачи от масштаба производства, эластичности замещения факторов, эффективности использования факторов (как по отдельности, так и в совокупности), относительного изменения цен факторов. Изменение этих параметров оказывает влияние на масштаб использования самих факторов производства, а также на их доходы. Так, например, расширение выпуска с течением времени может вызывать непропорциональное увеличение спроса на труд, если одновременно происходит повышение эффективности использования единицы труда по разным причинам (эффект масштаба, технический прогресс).

Технологические изменения представляют собой изменения в производственной функции, которые генерируют новые структурные отношения «затраты – выпуск». Технологические изменения интерпретируются как 1) сдвиг изокванты относительно самой себя (нейтральный технический прогресс) или 2) изменение наклона последней (не нейтральный технический

прогресс). В обоих случаях технический прогресс заключается в уменьшении удельных затрат факторов производства. Указанные виды технологического прогресса можно анализировать с помощью традиционной производственной функции Кобба – Дугласа. Однако последняя не учитывает важный технологический параметр – эластичность замещения факторов производства.

Эластичность замещения означает степень легкости замещения одного из ресурсов в случае относительного удорожания этого ресурса. В производстве, технология которого характеризуется эластичностью замещения, близкой к нулю (производственная функция Леонтьевского типа), при росте заработной платы будет проблематично заменить труд относительно дешевым фактором (как это возможно в случае производственной функции Кобба – Дугласа, эластичность замещения которой всегда равна единице).

Технологические параметры влияют на изменение спроса на факторы производства. Так, изменение занятости может быть вызвано изменениями: 1) масштабов выпуска; 2) относительных цен факторов производства; 3) отдачи от масштаба; 4) нейтральным и не нейтральным техническим прогрессом. Для выделения влияния каждого из указанных параметров необходима определенным образом специфицированная производственная функция, из которой через условия максимизации прибыли первого порядка выводятся функции спроса на факторы производства.

В данной работе для указанных целей используется однородная производственная функция с постоянной эластичностью замещения, предложенная в работах [7–8]:

$$Q = A(K^{-\alpha} + \gamma L^{-\alpha})^{-\frac{\nu}{\alpha}}, \quad \alpha = \frac{1-\sigma}{\sigma}, \quad (1)$$

где  $Q$  – величина выпуска (ВДС),  $K$  – размер используемого капитала,  $L$  – трудовые ресурсы,  $\nu$  – степень однородности функции (коэффициент, представляющий отдачу от масштаба),  $A$  – эффективность используемой технологии (совокупная факторная производительность),  $\gamma$  – параметр интенсивности труда,  $\sigma$  – эластичность замещения. Из условия максимизации прибыли первого порядка – равенства предельной нормы замещения отношению цен капитала ( $r$ ) и труда ( $w$ ) – выводится функция спроса на факторы производства:

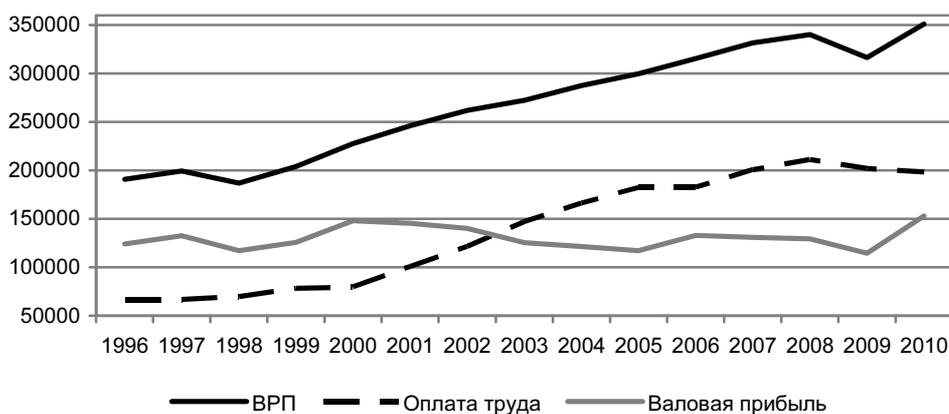
$$\frac{\partial Q / \partial K}{\partial Q / \partial L} = \frac{r}{w} = \frac{1}{\gamma} \left( \frac{L}{K} \right)^{\frac{1}{\sigma}}; \quad (2)$$

$$L = \left( \frac{Q}{A} \right)^{\frac{1}{\nu}} \left[ \left( \gamma \frac{r}{w} \right)^{1-\sigma} + \gamma \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}. \quad (3)$$

Поскольку параметры  $A$  и  $\nu$  не появляются в уравнении (2), они не влияют прямо на количественное соотношение ресурсов (луч  $OA$  или  $OB$  на *рис. 3*). Их изменение повлияет на величину выпуска, поэтому эти параметры характеризуют нейтральный технический прогресс. Напротив, изменение параметра  $\gamma$  при неизменном соотношении цен факторов производства и неизменной эластичности замещения повлияет на соотношение труда и капитала. Таким образом, данный параметр измеряет не нейтральный технический прогресс, заключающийся в повышении интенсивности использования одного из факторов. Уменьшение этого параметра подразумевает трудо-сберегающий технический прогресс, и наоборот. Уравнение (3) используется для измерения влияния на занятость изменения различных технологических параметров производственной функции.

## ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ФУНКЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

На протяжении 1996–2000 гг. в Хабаровском крае наряду с экономическим ростом происходила весьма заметная трансформация распределения доходов, вменяемых факторам производства. Так, с 1996 по 2010 г. доля доходов наемных работников в ВРП существенно возросла – с 35 до 56,5% (*рис. 1*). При этом величина валовой прибыли (ВРП минус фонд оплаты труда) в сопоставимом измерении оставалась на стабильном уровне. Другими словами, практически весь прирост ВРП с 1996 г. сопровождался увеличением удельного веса доходов наемных работников.



*Рис. 1.* Динамика ВРП Хабаровского края в разрезе первичных доходов, млн руб., в ценах 2010 г.

*Источник:* рассчитано автором по: [2–5].

Вместе с тем, рост численности занятых в экономике края за этот же период составил только 11,6%. Формально говоря, произошел резкий рост произведенной добавленной стоимости в расчете на одного занятого и, как следствие, рост ставки оплаты труда. Учитывая наличие значительного количества неиспользуемого в производстве капитала в середине 1990-х гг. и существенный рост инвестиций с конца 1990-х гг. (рис. 2), можно предположить, что причиной резкого увеличения дохода, вменяемого трудовым ресурсам, явилось значительное повышение капиталовооруженности работников.

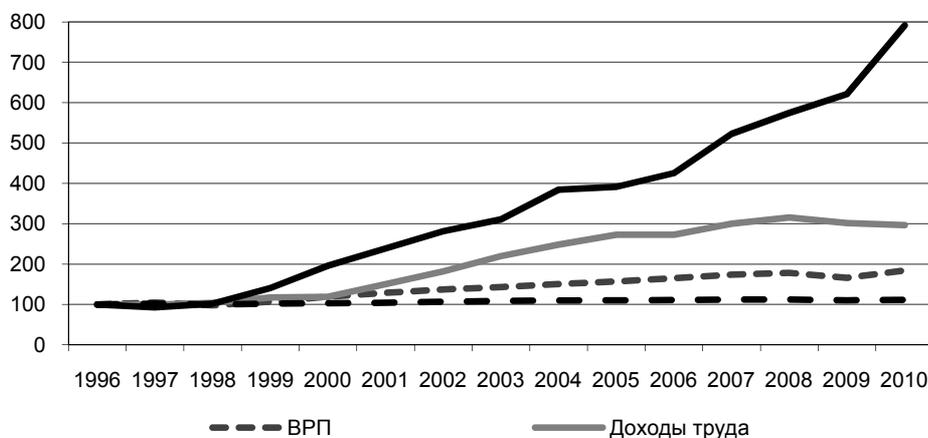


Рис. 2. Темпы роста основных макропоказателей экономики Хабаровского края, % к 1996 г.

Источник: рассчитано автором по: [2–5].

Для наглядности этот процесс можно описать графически, при помощи известной производственной функции Кобба – Дугласа (рис. 3). Здесь  $L$  – количество труда,  $K$  – величина капитала, используемые в экономике для производства продукта  $Q$ . В 1996 г. выпуск региона, который достигался при помощи труда в количестве  $L_{1996}$  и основного капитала (фактически задействованного в производстве) в размере  $K_{1996}^1$ , характеризовался изоквантой  $Q_{1996}$ . Здесь величина капиталовооруженности характеризуется наклоном луча  $OA$ . Отношение заработной платы и нормы прибыли на капитал ( $w/r$ ) представлено наклоном касательной к изокванте  $Q_{1996}$  в точке  $A$ . В 2010 г. объем выпуска увеличился до  $Q_{2010}^2$ . Чисто технически этому способствовал прирост трудовых ресурсов до величины  $L_{2010}$ , а также прирост капитала до величины  $K_{2010}$  (как результат увеличения загрузки имеющихся

<sup>1</sup> Абсолютные величины здесь принципиального значения не имеют. Важны только относительные величины показателей для двух состояний экономики на начальную и конечную дату.

<sup>2</sup> Предполагается, что наклон и кривизна двух изоквант одинаковы (производственная функция однородна), т. е. временно пренебрегается влияние технологических изменений.

мощностей, а также значительных инвестиций в новые капитальные блага). Относительное увеличение ресурсов показано таким образом, чтобы как можно ближе соответствовать реальному положению дел (см. *рис. 2*). Результатом явилось резкое увеличение капиталовооруженности труда, которой теперь соответствует луч *ОВ*. В результате величина выпуска  $Q_{2010}$  достигается при другом, более высоком отношении заработной платы и нормы прибыли на капитал. Из рисунка 1 видно, что в валовом продукте Хабаровского края значительно возросла доля доходов труда. Поскольку при этом занятость увеличилась незначительно, можно заключить, что наклон касательной в точке *В* на рисунке 3 увеличился относительно точки *А* главным образом за счет повышения ставки заработной платы. Следует, однако, отметить, что причиной повышения заработной платы служит не только рост капиталовооруженности, но и другие факторы, среди которых главное место занимает рост спроса на выпускаемую продукцию.

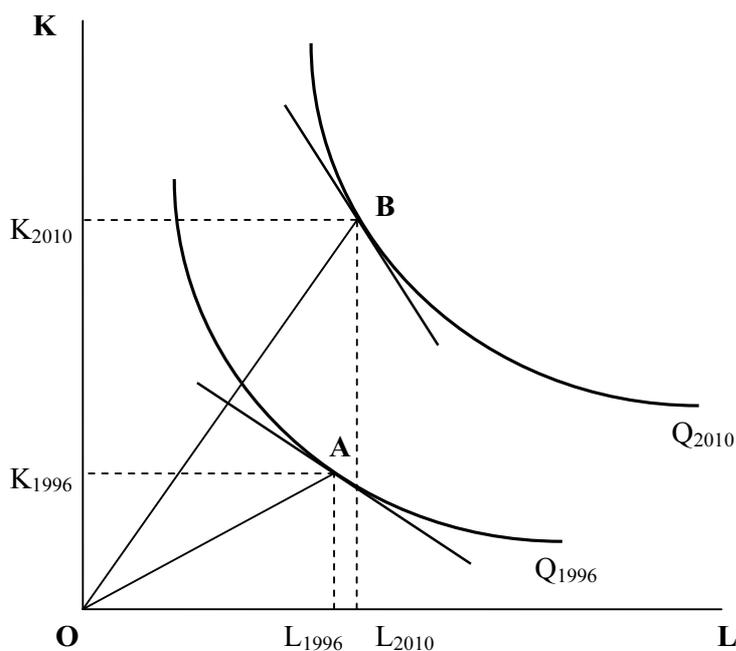


Рис. 3. Производственная функция экономики Хабаровского края

Значительные изменения факторных пропорций и доходов на протяжении 1996–2010 гг. не позволяют адекватно оценить параметры стандартной производственной функции Кобба – Дугласа  $Q=A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta}$ . Вместо этого для оценки технологических параметров экономической системы региона необходима спецификация производственной функции, учитывающая изменение факторных доходов.

В данной работе выполнена оценка параметров производственной функции (1) для экономики Хабаровского края на временном отрезке 1996–2010 гг. Основная проблема подобных оценок – наличие достоверных данных о величине основного капитала и степени его загрузки. Для Хабаровского края был оценен динамический ряд основных фондов на основе данных о величине капитальных вложений за 40 лет (с 1971 г. в сопоставимых ценах) и спецификации особой функции «жизненного цикла» капитальных благ. Запас капитальных благ оценивался как (см., напр., [9]):

$$K_t = \sum_{h=0}^{\infty} S_h I(t-h), \quad (4)$$

где  $K$  – величина основного капитала, накопленного к моменту времени  $t$ ;  $I$  – инвестиции в основной капитал в момент времени  $h$ ;  $S_h$  – т. н. функция «возраст – эффективность»<sup>1</sup>. Эта функция специфицирована таким образом, чтобы иметь значение 1 для нового капитала и постепенно снижаться до нуля по мере старения капитального блага:

$$S_h = \frac{N-h}{N-Bh}, \quad B \in (0;1), \quad (5)$$

где  $N$  – продолжительность жизни капитального блага. Эта функция имеет преимущество перед методом обычной линейной амортизации. В большинстве капитальные блага не теряют свою эффективность линейно. Они работают на заданном уровне производительности большую часть срока и лишь в конце своего жизненного цикла теряют реальную ценность. Данная функция описывает именно такое поведение. Параметр  $B$ , как правило, подбирается экспериментально, путем сравнения при помощи специальных статистических процедур с реальными показателями движения капитала. Оценка параметров функции для целей построения длительных рядов основных фондов по различным секторам экономики представляется хотя и трудоемкой, но важной научной и практической задачей. Нами были взяты значения параметров  $N$  ( $=23$ ) и  $B$  ( $=0,8336$ ), оцененные для национальной экономики на базе аналогичной функции (см. [1]).

Помимо этого, оценку величины основных фондов необходимо скорректировать соразмерно величине их фактической загрузки. Существует несколько методик оценивания загрузки основных фондов (как традиционных «инженерных», так и относительно новых экономико-теоретических подходов, основанных на оценке экономического «избытка мощности» на базе модели несовершенной конкуренции), большинство из которых требуют на-

<sup>1</sup> В некоторых отечественных исследованиях данная функция называется коэффициентом дожития капитала.

личия статистической информации по субъектам Федерации, зачастую отсутствующей в открытом доступе либо публикуемой на нерегулярной основе (как, например, данные о фактически отработанных человеко-часах). В настоящей работе использован относительно простой (и, следовательно, приблизительный) способ корректировки величины основных фондов на базе информации о динамике потребления электроэнергии в промышленности, демонстрирующей спады в периоды экономических кризисов. Величина энергопотребления в промышленности в 1991 г. была взята в качестве «эталонной», отражающей 100-процентную загрузку мощностей. Остальные годовые оценки основных фондов были скорректированы соразмерно энергопотреблению в соответствующие годы. На рисунке 4 представлены оценки величины основных фондов наряду со скорректированными оценками, отражающими степень загрузки мощностей. Из рисунка видно, что резкое сокращение инвестиций в основной капитал в первой половине 1990-х гг., наряду с постепенным выбытием устаревшего капитала, привело к тому, что к началу 2000-х гг. регион в буквальном смысле потерял часть накопленных основных фондов, имеющих производственную ценность.

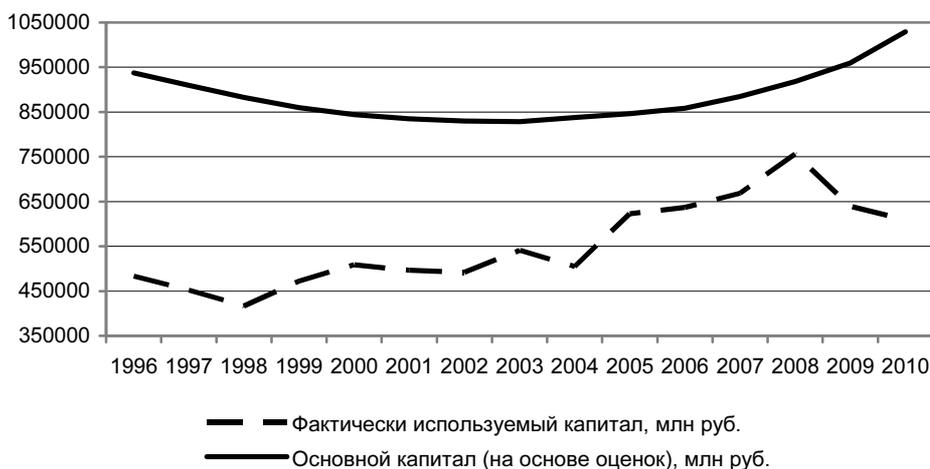


Рис. 4. Оценка величины основных фондов Хабаровского края и степени их загрузки, в постоянных ценах 2010 г.

Затраты труда представлены в виде количества занятых, что также может повлиять на оценки, поскольку в производственной функции должны быть представлены услуги факторов производства, т. е. человеко-часы (по отношению к трудовым ресурсам), информация по которым отсутствует для большей части исследуемого периода. При использовании фактического количества занятых возникает проблема, подобная проблеме загрузки основного капитала. В качестве относительно достоверной могла быть корректировка

уровня занятости по величине целодневных простоев в расчете на 100 занятых, однако в открытом доступе эти данные ограничены 1990–1996 гг.

Исходя из перечисленных ограничений, была протестирована модель (1)–(3) для экономики Хабаровского края на временном отрезке 1996–2010 гг. с целью определения технологических параметров  $\sigma$ ,  $\gamma$ ,  $\nu$ ,  $A$ . Для этого последовательно были оценены два уравнения линейной регрессии, выведенные из уравнений (1)–(3). Параметры, оцененные в уравнении (6), были использованы для оценки оставшихся параметров уравнения (7):

$$\log \frac{L}{K} = \sigma \log \gamma + \sigma \log \frac{r}{w}, \quad (6)$$

$$\log L - \frac{\hat{\sigma}}{1-\hat{\sigma}} \log \left[ \left( \hat{\gamma} \frac{r}{w} \right)^{1-\hat{\sigma}} + \hat{\gamma} \right] = -\frac{1}{\nu} \log A + \frac{1}{\nu} \log Q. \quad (7)$$

Переменные, используемые в модели (в постоянных ценах 2010 г.):

$Q$  – величина ВРП (млн руб.);

$K$  – величина основных фондов, оцененных по модели (4)–(5) и скорректированных на величину загрузки (млн руб.);

$L$  – количество занятых в экономике (чел.);

$w$  – годовая ставка заработной платы на одного занятого (млн руб.), определяемая как отношение валовой оплаты труда в структуре ВРП и количества занятых;

$r$  – норма прибыли на капитал (рублей на 1 руб. используемого капитала), определяемая как  $\pi/K$ , где  $\pi$  – объем валовой прибыли в структуре ВРП (см. рис. 1).

Обе оцениваемые модели оказались статистически значимыми. Результаты оценки приведены в таблице 1 (в скобках указаны значения  $t$ -статистики).

Таблица 1

Оценки параметров уравнений (6) и (7)

$\sigma \log \gamma$	$\sigma$	$\gamma$	$R^2$
0,1919 (9,50)	0,1964 (6,07)	2,6567	0,739
$-(1/\nu) \log A$	$1/\nu$	$\nu$	$R^2$
7,4863 (20,83)	0,4449 (15,45)	2,2478	0,948

Достаточно высокое значение параметра экономии от масштаба  $\nu=2,25$  может быть обусловлено переходом от кризисной экономики середины 1990-х гг., характеризующейся большими объемами простоя как основных про-

изводственных фондов, так и рабочей силы, к экономическому росту середины 2000-х гг. Даже в этом случае значение показателя выглядит завышенным, что может объясняться использованием в расчетах в качестве затрат труда количества занятых вместо фактически отработанных человеко-часов. В результате относительно небольшой прирост числа занятых (на 11% за анализируемый период) сопровождался гораздо большим приростом выпускаемого продукта.

В целом оцененные параметры достаточно хорошо аппроксимируют динамику ВРП и занятости Хабаровского края, как это видно из рисунков 5 и 6. ВРП рассчитывался по формуле (1) на основе фактических данных по занятости ( $L$ ) и оценок величины фактически задействованного основного капитала ( $K$ ).

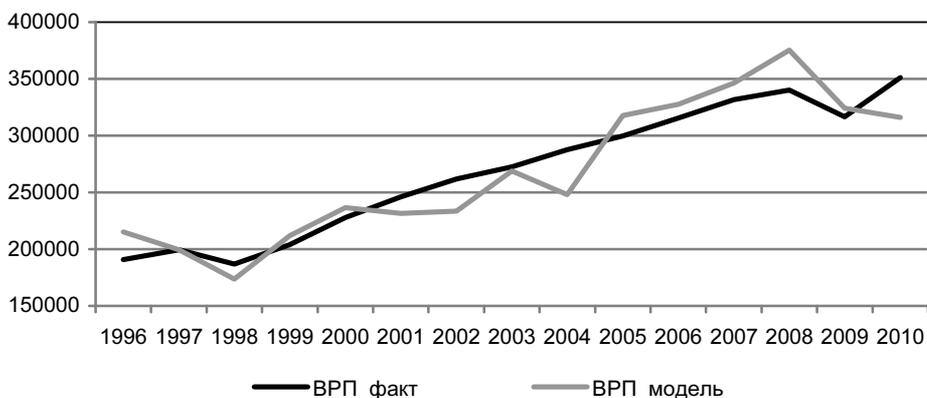


Рис. 5. Динамика фактического и расчетного ВРП Хабаровского края, млн руб.

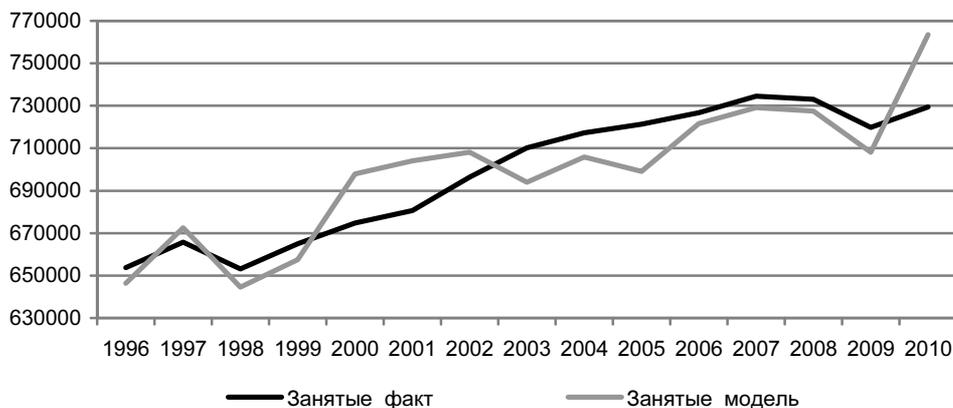


Рис. 6. Динамика фактической и расчетной занятости в Хабаровском крае, чел.

Занятость рассчитывалась по (3) на основе данных о фактическом ВРП и оценок заработной платы ( $w$ ) и прибыли на капитал ( $r$ ).

Оцененная производственная функция позволяет выявить технологические и ресурсные возможности экономической системы Хабаровского края для достижения задаваемых объемов произведенного продукта. В следующем разделе модель применяется в качестве инструмента анализа экономической системы Хабаровского края с точки зрения достижения тех или иных показателей валового продукта при варьировании объемов используемых ресурсов и изменении технологических параметров модели. Последний аспект выступает в качестве оценки технического прогресса.

## ВАРИАНТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ В ДОЛГОСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

В качестве иллюстрации автором использованы данные из Стратегии социально-экономического развития Хабаровского края на период до 2025 г. (далее – Стратегия-2025), в которой определена динамика макроэкономических показателей – ВРП, инвестиций в основной капитал, занятости, в рамках двух сценариев до 2025 г. – инерционного и инновационного (рис. 7–8; табл. 2).

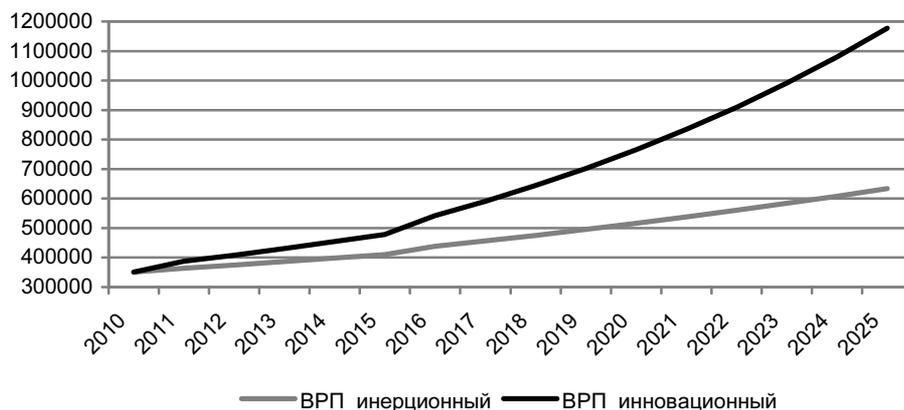


Рис. 7. Динамика ВРП Хабаровского края в рамках двух сценариев, млн руб., в ценах 2010 г.

Источник: [6].

В рамках инерционного сценария предполагается постепенное наращивание инвестиций в основной капитал, с уровнем инвестиций в 2025 г. в 1,7 раза выше, чем в 2010 г. Оценочная величина основного капитала в 2025 г. превысит уровень 2010 г. в 2,5 раза. При этом предполагается, что ВРП в 2025 г. превысит уровень 2010 г. в 1,8 раза. По инновационному сценарию инвестиции в 2025 г. в 3,6 раза превысят уровень 2010 г. (накопленный запас основного капитала – в 3,9 раза). Предполагается, что ВРП превзойдет уровень 2010 г. в 3,35 раза.

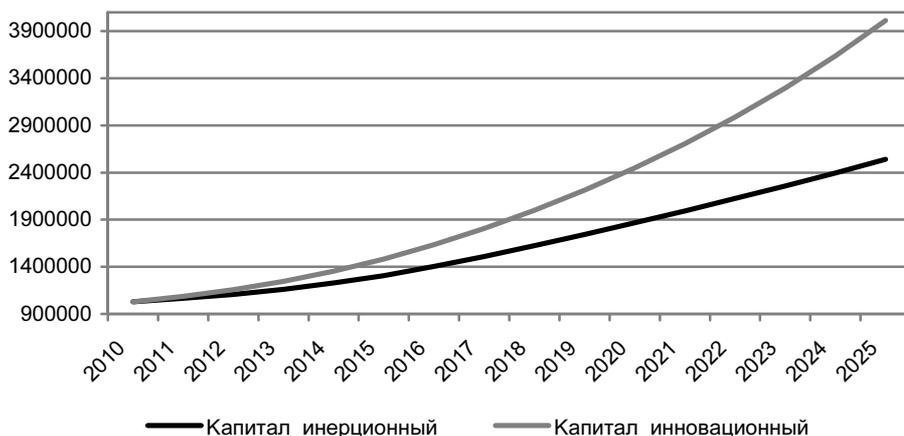


Рис. 8. Динамика основного капитала Хабаровского края в рамках двух сценариев, млн руб., в ценах 2010 г.

Источники: [6] и расчеты автора.

Что касается динамики уровня занятости, согласно Стратегии-2025, в рамках инновационного сценария следует ожидать увеличения занятости на 19%. При этом в документе явно признается, что регион будет испытывать серьезный дефицит кадровых ресурсов, а занятость, в частности, предполагается повысить за счет сокращения безработицы, увеличения численности работающих пенсионеров, а также привлечения иностранной рабочей силы (порядка 9% от общего числа занятых). Для целей настоящего исследования предполагается, что в рамках инерционного сценария занятость увеличивается среднегодовым темпом, характерным для 1998–2010 гг. (менее 1% в год). Сводные данные по двум сценариям представлены в таблице 1.

Таблица 2

**Фактические и прогнозные макроэкономические показатели  
Хабаровского края**

Индикатор	2010	2025 – инерционный	2025 – инновационный	2025 – инерционный (в % к 2010)	2025 – инновационный (в % к 2010)	2025 – инерционный (расчетный по модели) в % к 2010	2025 – инновационный (расчетный по модели) в % к 2010
ВРП (млрд руб.)	351,3	630,2	1177,6	179,4	335,2	168	183,5
Занятость (тыс. чел.)	729,4	836,8	870	114,7	119	–	–
Инвестиции (млрд руб.)	131,2	223,4	468,8	170,2	357,3	–	–

Источники: [6] и расчеты автора.

Оценки показывают, что в рамках инерционного сценария достижение заданных объемов ВРП к 2025 г. технологически возможно при задаваемых темпах роста занятости и капитала путем наращивания в регионе объема производственных фондов (рис. 9).

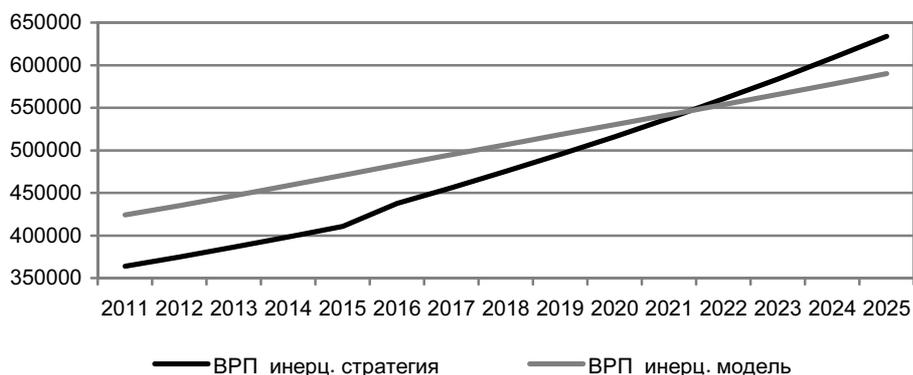


Рис. 9. Расчетная динамика ВРП Хабаровского края в рамках инерционного сценария, млн руб., в ценах 2010 г.

Темпы роста занятости и основных фондов позволят в рамках данного сценария увеличить ВРП в 2025 г. в 1,68 раза (см. табл. 2) по сравнению с 2010 г. (согласно Стратегии-2025 – в 1,8 раза). Иначе обстоит дело с инновационным сценарием (рис. 10).

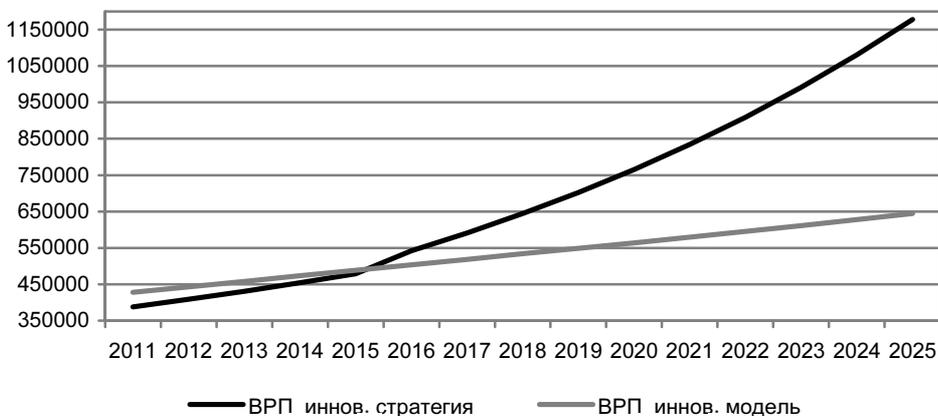


Рис. 10. Расчетная динамика ВРП Хабаровского края в рамках инновационного сценария, млн руб., в ценах 2010 г.

Здесь главным ограничением роста выступают трудовые ресурсы. В результате простое накопление капитала, хотя и значительно превышающее темпы инерционного сценария, неспособно обеспечить целевые объемы вы-

пуска. Причиной этому является закон убывающей предельной производительности капитала в условиях ограничений по трудовым ресурсам. Фактически при производительности, характерной для уровня 2010 г., и при росте занятости 18% накопление капитала по инновационному сценарию способно увеличить уровень ВРП 2010 г. в 1,84 раза (вместо 3,35 раза, запланированных в рамках инновационного сценария). Любое, сколь угодно малое увеличение ВРП сверх этого уровня, при заданных ограничениях трудовых ресурсов, потребует бесконечно большого увеличения физического объема используемого капитала (рис. 11), т. е. в реальности недостижимо.

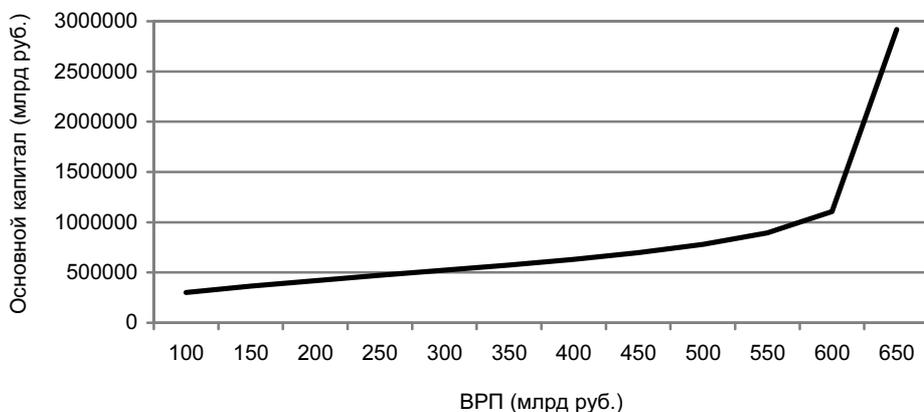


Рис. 11. Величина основного капитала, необходимая для выпуска ВРП при фиксированных трудовых ресурсах ( $L(2025) = 870$  тыс. чел.)

Таким образом, ввиду дефицита трудовых ресурсов физического накопления капитала недостаточно для достижения целевых объемов ВРП к 2025 г. Для этого накопление ресурсов должно сопровождаться трудосберегающим техническим прогрессом. Автор рассматривает такой прогресс в терминах увеличения «виртуальной» капиталовооруженности работников, и, как следствие, их производительности, без физического увеличения объемов применяемого капитала, а только лишь за счет возрастания производительности последнего. В рамках применяемой модели такой технический прогресс достигается путем уменьшения значения параметра трудоинтенсивности, что подразумевает увеличение капиталоемкости при неизменных физических объемах факторов производства.

Модельные расчеты показали, что для достижения целевых значений ВРП к 2025 г. в рамках инновационного сценария, помимо заложенных в Стратегии-2025 параметров динамики инвестиций и занятости, необходим трудосберегающий технический прогресс, равноценный увеличению фондовооруженности труда на 24% по сравнению с фактической фондовооружен-

ностью. На рисунке 12 представлена динамика ВРП региона в рамках инновационного сценария, в расчете на постепенное равномерное увеличение капиталоемкости в результате трудосберегающего технического прогресса за период 2011–2025 гг. со среднегодовым темпом 1,4%.

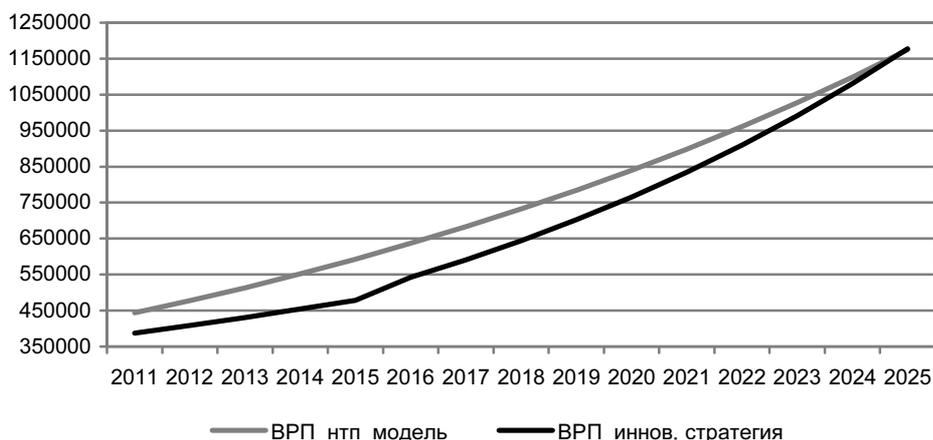


Рис. 12. Расчетная динамика ВРП в результате трудосберегающего НТП, равнозначного среднегодовому увеличению фондовооруженности работника на 1,4%, млн руб.

Модель также позволяет определить количество труда, необходимое для обеспечения ВРП в рамках инновационного сценария при условии простого накопления физического капитала (без увеличения производительности последнего). Выразив  $L$  через уравнение (1), получим необходимый уровень занятости в экономике региона 1138 тыс. чел., что на 31% превышает уровень занятости в 870 тыс. чел., предполагаемый в рамках сценария, или на 56% выше уровня занятости 2010 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адекватная оценка технологических возможностей региональных производственных систем приобретает важность при оценке долгосрочных трендов долгосрочного развития регионов, одним из главных препятствий которого является ограниченность трудовых ресурсов. В то же время оптимистичные сценарии развития территорий предполагают масштабные инвестиции, результатом которых должно стать существенное (в некоторых случаях — многократное) увеличение объемов производимого регионального продукта при высокой отдаче основного капитала. При этом зачастую не рассматривается взаимосвязь между производственными факторами, которые не только дополняют друг друга, увеличивая при этом собствен-

ную продуктивность, но и являются ограничителем роста друг друга, сокращая факторную отдачу.

Верификация модели показала ее адекватность существующим экономическим тенденциям. На основе анализа макроэкономических индикаторов Стратегии социально-экономического развития Хабаровского края на период до 2025 г. выявлена недостаточность физического накопления основного капитала для достижения целевых показателей ВРП в связи с ограничениями, налагаемыми трудовыми ресурсами. Действие закона убывающей отдачи переменного фактора приведет к тому, что при объемах инвестиций в основной капитал, заложенных в инновационном сценарии, ВРП увеличится только в 1,8 раза вместо запланированных 3,35. Показана необходимость в трудосберегающем техническом прогрессе, который заключается в повышении производительности основного капитала в среднем на 24% (или 1,4% в год) по сравнению с уровнем 2010 г. для достижения целевых показателей Стратегии-2025. Таким образом, модель наглядно показала, каким образом и в каких масштабах ограниченность одного из факторов производства (труда) воздействует на продуктивность другого фактора (капитала), что в конечном счете накладывает ограничения на величину общего продукта экономической системы региона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воскобойников И.Б.* Оценка совокупной факторной производительности российской экономики в период 1961–2001 гг. с учетом корректировки динамики основных фондов: препринт WP2/2003/03. М.: ГУ ВШЭ, 2003. 40 с.
2. Национальные счета России в 1997–2004 годах: стат. сб. / Росстат. М., 2005. 211 с.
3. Национальные счета России в 2004–2011 годах: стат. сб. / Росстат. М., 2012. 344 с.
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2004: стат. сб. / Росстат. М., 2004. 966 с.
5. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2011: стат. сб. / Росстат. М., 2011. 990 с.
6. Стратегия социально-экономического развития Хабаровского края на период до 2025 года / Правительство Хабаровского края. URL: [http://gov.khabkrai.ru/invest2.nsf/pages/ru/postan\\_13012009.htm](http://gov.khabkrai.ru/invest2.nsf/pages/ru/postan_13012009.htm) (дата обращения: сентябрь 2013).
7. *Brown M., De Cani J.* Technological Change and the Distribution of Income // *International Economic Review*. 1963. Vol. 4. № 3. Pp. 289–309.
8. *Brown M., De Cani J.* A Measure of Technological Employment // *The Review of Economics and Statistics*. 1963. Vol. 45. № 4. Pp. 386–394.
9. *Harper M.* Estimating Capital Inputs for Productivity Measurement: An Overview of U.S. Concepts and Methods // *International Statistical Review*. Vol. 67. № 3. 1999. Pp. 327–337.

TECHNOLOGIC PARAMETERS  
OF REGIONAL ECONOMIC SYSTEM

A.G. Isaev

Isaev Artyom Gennadyevich – Ph. D. in Economics, Research Fellow. Economic Research Institute FEB RAS, 153 Tikhookeanskaya Street, Khabarovsk, Russia, 680042. E-mail: isaev@ecrin.ru.

Under deficit of labor supply, simple capital accumulation is limited as a driver of regional product growth, due to the law of falling marginal productivity of variable factors and absence of technological progress. A modified CES production function allows us to estimate key technological parameters of an economic system such as elasticity of substitution, returns to scale and labor intensity. These parameters were estimated for the specific economy of Khabarovskiy krai. Data on capital are estimated using the «capital lifecycle» model. The constructed production function is used to estimate the rate of labor-saving technical progress necessary for achieving the higher levels of Khabarovskiy krai's GRP based on long-term GRP projections and accounting for labor supply limitations. Increasing Khabarovskiy krai's GRP by a factor of 3.3 from 2010 to 2025 will require not only an increase of gross investment by 3.5 times in the same period, but also annual growth of unit productivity of capital of 1.4%. Otherwise, the mentioned capital increase accounts for only 1.8 times GRP growth. An alternative to technology-augmented capital productivity growth is an 1.6 times increase in the region's employment compared to 2010. Thus, the model determines the influence of labor limitations on capital productivity and eventually on the GRP.

*Keywords:* CES production function, technical progress, capital, labor, GRP, resources limitation, regional economic system, Khabarovskiy Krai.

## REFERENCES

1. Voskoboynikov I. B. *Total Factor Productivity Growth in Russia in 1961–2001 in Terms of the Fixed Assets Stock Correction Model: Working paper WP2/2003/03*. Moscow: State University – Higher School of Economics, 2003, 40 p. (In Russian).
2. *National accounts of Russia in 1997–2004: the statistical collection*. Rosstat, Moscow, 2005, 211 p. (In Russian).
3. *National accounts of Russia in 2004–2011: the statistical collection*. Rosstat, Moscow, 2011, 344 p. (In Russian).
4. *Regions of Russia. Socio-Economic Indicators. 2004: the statistical collection*. Moscow, 2004, 966 p. (In Russian).
5. *Regions of Russia. Socio-Economic Indicators. 2011: the statistical collection*. Moscow, 2012, 990 p. (In Russian).
6. *Strategy of Socio-Economic Development of Khabarovsk Territory until 2025*. Available at: [http://gov.khabkrai.ru/invest2.nsf/pages/ru/postan\\_13012009.htm](http://gov.khabkrai.ru/invest2.nsf/pages/ru/postan_13012009.htm) (accessed September 2013). (In Russian).
7. Brown M., De Cani J. Technological Change and the Distribution of Income. *International Economic Review*, 1963, vol. 4, no. 3, pp. 289–309.
8. Brown M., De Cani J. A Measure of Technological Employment. *The Review of Economics and Statistics*, 1963, vol. 45, no. 4, pp. 386–394.
9. Harper M. Estimating Capital Inputs for Productivity Measurement: An Overview of U.S. Concepts and Methods. *International Statistical Review*, vol. 67, no. 3, 1999, pp. 327–337.