

СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

О. С. Сухарев

Неоклассические и кейнсианские теории экономического роста предполагают использование модифицированных функций Кобба — Дугласа и иных агрегатных эконометрических подходов к моделированию ростовой динамики. Объяснения экономического роста в таком случае привязываются к логике используемых математических соотношений, включающей часто априорные представления об изменении агрегированных величин и изменении факторов. Идея оценки факторной производительности является основополагающей в рамках современных теорий экономического роста. Однако структурные параметры экономической системы, институты и технологические изменения, хотя последние и находят отражения в изменяющихся параметрах производственной функции, тем не менее, практически не учитываются в рамках известных подходов. Вместе с тем, соотношение структурных элементов, с одной стороны, определяет будущую величину совокупной производительности факторов, с другой стороны, сильно влияет на темп экономического роста и его режим инновационной динамики. Введение структурных параметров экономической системы в модели роста с возможностью оценки таких режимов в условиях взаимодействия новых и старых комбинаций представляется существенным шагом в развитии теории экономического роста (развития). Это позволяет формировать политику стимулирования экономического роста исходя из структурных соотношений и связей, выявляемых для данной экономической системы. Наиболее удобно при получении таких моделей воспользоваться логистическими функциями, представляющими изменение ресурса для старой и новой комбинации в рамках экономической системы. Результат развития экономики зависит от начальных условий, а также от институциональных параметров изменения скоростей заимствования ресурса в пользу новой комбинации и создания под нее своего ресурса. Модельное оформление ресурса осуществляется через представление об инвестициях в новые и старые комбинации.

Введение

В 1966 г. С. Кузнец утверждал: «Можно сказать, что со второй половины XIX в. самым важным источником экономического роста в развитых странах определенно становятся основанные на науке технологии — в числе прочих в электроэнергетике, производстве двигателей внутреннего сгорания, производстве электронного оборудования, ядерных технологиях, биотехнологиях» [11, р. 10]. Как видим, не случайна оговорка насчет развитых стран, потому что четыре условия определяют экономический рост на базе совершенствования технологии: исходная величина дохода на душу населения, физический (сейчас и финансовый) капитал, образование и здравоохранение (человеческий капитал) и исходный уровень совокупной производительности факторов. Сейчас уже норма накопления не является, как было ранее (и находило отражение в соответствующих моделях), фактором экономического ро-

ста. Скорее всего, это одно из условий, да и то не всегда ясно, как оно «сработает». Однако чтобы обеспечить экономический рост, представить его в виде некоей (хотелось бы) несложной модели, необходимо искать причины, обособывающие изменение совокупной производительности факторов экономического роста, а также силы, которые определяют влияние отдельных факторов.

Учитывая, что рост зависит от исходного состояния названных параметров, получаем, что следующий этап роста определяется всеми предыдущими и конкретно предшествующими этапами, ибо здесь и формируются исходные параметры и факторы экономического роста. Технологические изменения, набирающие скорость и влияние, так что темп роста дохода сближается уже с темпом технологических изменений, определяют современный рост. Отдельно технологии можно рассматривать, но темп таких изменений сопряжен с темпом ин-

ституциональных изменений, который пусть несколько ниже, чем изменения в технологиях, но, тем не менее, также приближается к темпу технологических изменений, в сильной степени определяя реакции агентов и развитие самих технологий¹.

Одно из простейших решений по моделированию экономического роста, которое используется в целом ряде кейнсианских и неоклассических моделей роста от Р. Харрода до Р. Солоу и Р. Лукаса (последние используют аппарат видоизмененных производственных функций, детализирующих влияние факторов и только) [1, 5-7, 9-10, 12-13, 16-17], может быть представлено следующим образом. Пусть в некий момент времени t_1 создаваемый продукт (доход) Y_1 , причем он создается за счет имеющегося внутри страны капитала (физического, человеческого, технологического) и определяется инвестициями $I_1 = a_1 Y_1(t)$, где a_1 — норма инвестиций в ВВП.

В следующий момент времени t_2 инвестиции также определяют экономический рост (как важнейшая компонента ВВП), но будут осуществляться за счет нормы инвестирования a_2 , то есть

$$I_2 = a_2 Y_2(t) + H(t),$$

где $H(t) = hY_1(t)$ — это импорт капитала, представленный как доля текущего продукта (дохода) экономической системы.

Тогда введя параметры b_1 и b_2 — отношение капитала к выпуску в одном и другом случае, можно получить связь режимов развития экономической системы, когда она переключает стратегию с собственных сил развития на стратегию использования этих собственных сил с привлечением капитала извне. Это уже не просто модель Р. Харрода, а некая ее структурная модификация, хотя сам темп роста задается, подобно модели Харрода (где фигурирует в числителе норма сбережений), отношением инвестиций к величине капиталоемкости: $dY_1/dt = I_1(t) / b_1$, $dY_2/dt = I_2(t) / b_2$ [6, 8-9].

Далее сформируем несложную модель экономического роста, которая учитывала бы структурные особенности развития экономической системы. Особое внимание уделим появлению новой комбинации. Это обстоятельство является важным структурным и институциональным элементом экономических изменений, влияющим на экономический рост.

1. Постановка структурной задачи экономического роста

Представим задачу экономического роста в структурной подстановке [2-3]. Как было показано выше, структура очень сильно влияет на динамику роста, создает или ограничивает его возможности. Такая постановка довольно полезна и при рассмотрении появления новых продуктов в сравнении со старыми, новых технологий в сравнении со старыми, также ее можно осуществить, представив экономику, состоящую из двух секторов: обрабатывающего и услуг, промышленности и сельского хозяйства, государственного и частного секторов, отстающих и передовых регионов, либо секторов экономики, или отдельной ее части, например промышленности и т. д. Схема в виде дихотомии всегда может быть усложнена за счет введения в рассмотрение третьего, четвертого и пятого элементов структуры. Задача превратится в численную задачу математики. Элегантных соотношений уже не удастся получить, но зато схема решения принципиально даст ответы на интересующие исследователя вопросы.

Пусть в экономике имеются «старые» возможности развития (роста) — x_1 (классические факторы и продукт, ими создаваемый), новые возможности (продукты) обозначим x_2 . Будем считать, что появление новых технологий, возможностей, продуктов x_2 возможно за счет отвлечения ресурсов от x_1 с некоторой долей $\alpha(t)$, изменяющейся во времени, и посредством создания новых возможностей (ресурсов, технологий), измеряемых как доля от x_2 , по параметру $\beta(t)$. Иными словами, x_2 равно ресурсам, заимствуемым за счет ослабления x_1 , плюс ресурс создаваемый. В качестве ресурса может рассматриваться и технология. Общий продукт такой экономической системы $y = x_1 + x_2$. Тогда, возможно записать [2]:

$$x_2 = \alpha x_1 + \beta x_2, \quad y = x_1 \left[1 + \frac{\alpha}{1 - \beta} \right], \quad k = \frac{x_2}{x_1} \rightarrow \max.$$

Если экономика преследует цель осуществить режим развития с наибольшим доминированием x_2 , то есть новых продуктов, технологий, то задача сводится в поиску максимума по коэффициенту $k(t)$. По существу, возможны три крайних сценария: во-первых, когда новые возможности создаются исключительно за счет прежних комбинаций, то есть, за счет x_1 , тогда $\beta = 0$, $\alpha = 1$; во-вторых, когда комбинация x_2 возникает только за счет открытия нового ресурса и не задействует возможности x_1 , тогда $\alpha = 0$, $\beta \rightarrow 1$ (в математическом смысле

¹ Следовательно, нужна теория, объясняющая происхождение и развитие технологий. Э. Хэлпман, в частности, также отмечает отсутствие такой теории [7].

$\beta \neq 1$)¹, стремится к единице; в-третьих, наиболее правдоподобный вариант, когда частично новый ресурс создается, частично заимствуется ресурс у возможностей x_1 , преобразуя их самих за счет появления новых возможностей². Исследование на экстремум $k(t)$ дает соотношение скоростей заимствования и открытия нового ресурса под x_2 , в зависимости от текущих долей, когда $k(t)$ будет максимальным, при ограничениях на знак производной в точке экстремума (максимума t_0). Обозначить результат можно так:

$$k = \frac{x_2}{x_1} = \frac{\alpha}{1-\beta}, \quad \frac{dk}{dt} = 0,$$

$$\frac{dk}{dt} > 0, \quad t < t_0,$$

$$\frac{dk}{dt} < 0, \quad t > t_0,$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{\alpha}{\beta-1} \frac{d\beta}{dt}.$$

При $k > 1$ имеем преобладание x_2 над x_1 , значит, $\alpha > 1 - \beta$.

Взяв производную $y(t)$, получим темп роста системы, состоящий из элементов $x_1(t)$ и $x_2(t)$. Получим, введя обозначение скорости заимствования $V_\alpha = d\alpha/dt$ и скорости появления нового ресурса (возможностей) $V_\beta = d\beta/dt$, следующее уравнение для темпа роста $g_y = dy/dt$:

$$g_y = (1+k) \frac{dx_1}{dt} + kx_1 \left[\frac{1}{\alpha} \frac{d\alpha}{dt} + \frac{1}{1-\beta} \frac{d\beta}{dt} \right],$$

$$g_y = (1+k)v_{x1} + kx_1 \left(\frac{v_\alpha}{\alpha} + \frac{v_\beta}{1-\beta} \right),$$

$$k = -\frac{v_\alpha}{v_\beta} \text{ при } \frac{dk}{dt} = 0,$$

$$g_y^* = \left[1 - \frac{v_\alpha}{v_\beta} \right] v_{x1} - \frac{v_\alpha}{v_\beta} x_1 \left[\frac{v_\alpha}{\alpha} + \frac{v_\beta}{1-\beta} \right],$$

$$v_{x1} = \frac{dx_1}{dt}.$$

Выражение g_y^* — это темп роста экономики в точке экстремума $k(t)$, где доминирует x_2 . Отсюда можно получить условия, при которых имеется рост (спад) продукта g_y в данной экономической системе и спад в точке, где x_2/x_1 максимально, то есть доминирует новая комбинация (продукт, технология, сектор и др.).

Условие экономического роста по g_y будет:

$$v_{x1} > \frac{k}{1+k} x_1 \left(\frac{v_\beta}{\beta-1} - \frac{v_\alpha}{\alpha} \right)$$

либо

$$v_{x1} > x_1 \gamma(t) \left[\frac{v_\beta}{\beta-1} - \frac{v_\alpha}{\alpha} \right],$$

$$\gamma(t) = \frac{x_2(t)}{y(t)}.$$

Из выражения для g_y^* — темпа роста в точке доминирования x_2 , когда $k(t)$ достигает максимума, можно записать аналогично, какой должна быть скорость комбинации x_1 , чтобы доминирование x_2 сопровождалось в этой точке спадом $g_y^* < 0$. Скорость роста жизненного стандарта в рамках введенной здесь модели будет определяться скоростью x_1 с положительным знаком, скоростью структурных изменений $k(t)$, темпом роста численности населения, который оказывает тормозящее влияние. Запишется выражение так:

$$v = \frac{dg}{dt} = \frac{1+k}{N} \frac{dx_1}{dt} + \frac{x_1}{N} \frac{dk}{dt} - \frac{1+k}{N} x \frac{dN}{dt}$$

Если ввести величину жизненного стандарта по экономической системе $g = P/N$, величины стандартов для комбинаций $g_1 = x_1/N$, $g_2 = x_2/N$ и долю $z = x_2/P$ новой комбинации в общем создаваемом продукте, то нетрудно заметить, что $k(t) = x_2/x_1 = zgN/(g_1 N) = Zg/g_1$. Тогда в точке t_0 экстремума $k(t)$ при известных ограничениях на $k(t)$ получим:

$$\frac{1}{g} \frac{dg}{dt} = \frac{1}{g_1} \frac{dg_1}{dt} - \frac{1}{z} \frac{dz}{dt}.$$

Таким образом, относительное приращение жизненного стандарта в экономической системе, описываемой данной моделью, в точке наибольшего преобладания новой комбинации над прежней комбинацией (x_2/x_1) равно разнице между относительным приращением производительности труда в x_1 и относительным приращением доли x_2 в общем продукте.

Как видим, структура и структурные комбинации, действующие институты, определяющие параметры роста, сильно влияют на функционирование экономической системы. Технологическая структура является факто-

¹ Хотя этот случай уже выступает ограничением, поскольку формально новая комбинация может появляться за счет исключительно нового ресурса, без обращения к возможностям x_1 .

² В этом состоит принципиальное отличие описания технологического развития, которое дается у многих современных экономистов довольно усеченно, часто с ориентацией на принцип созидательного разрушения Й. Шумпетера без его осмысления, принимая на веру, безоговорочно. В то время как техника и технологии развиваются на «комбинаторном принципе» и структурные соотношения играют ключевую роль (сопряженность, замещение, дополнение технологий, свойства приспособления и др. играют очень важную роль).

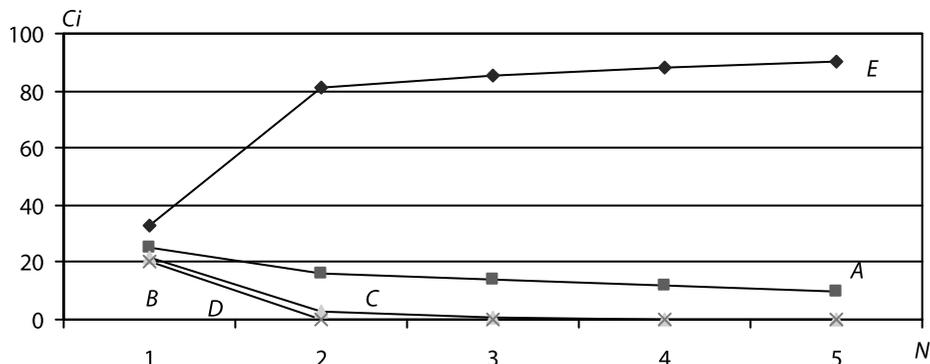


Рис. 1. Итерационное изменение экономической структуры (1-й режим)

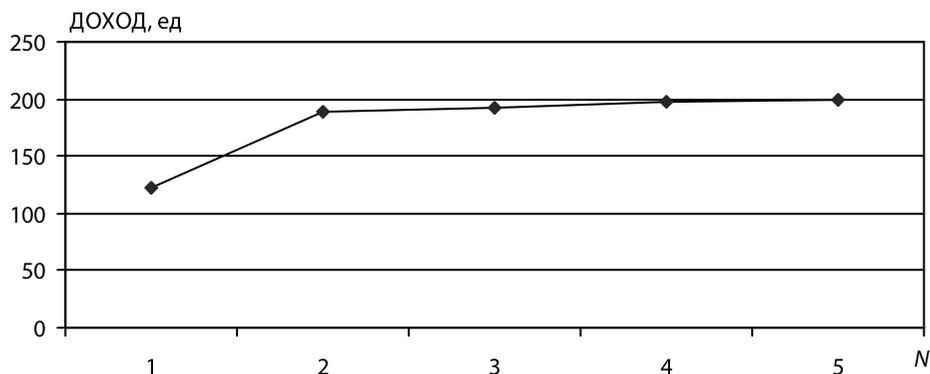


Рис. 2. Итерационное изменение дохода (1-й режим)

ром формирования экономической структуры. Исследование факторов роста и факторов совокупной производительности раздельно мало что дает с точки зрения понимания механизма экономического роста современной экономики, обнаруживающей движение на высоких скоростях. Фактором такого движения становятся законы заимствования ресурсов и условия создания (открытия) новых ресурсов. При этом изменения структуры могут быть совершенно непредсказуемы. На простейших моделях в свое время автору удалось показать, что, например, различные структуры могут дать одно и то же сочетание совокупного риска и дохода.

Таким же образом и различные структуры могут дать одинаковую скорость роста, либо стать фактором опережения по скорости относительно другой системы. В экономике возможны ситуации, когда доход и риск его получения увеличиваются, синхронно снижаются, а также доход снижается, а риск увеличивается, либо риск снижается, но доход увеличивается. Возникающие структуры и институты могут характеризоваться такими соотношениями, что предопределят экономическую динамику, возможности использования сбережений в инвестициях и обеспечения экономического роста. Ниже дадим несколько графиков и комментарии к ним (рис. 1-4).

На рисунках 1-2 изображено развитие экономической системы по итерациям. Показано пять итераций, отражающих рост дохода системы (экономический рост), сопровождаемый структурными изменениями (рис. 1). Интересно отметить, что реализована модель максимизации совокупного дохода, то есть политика «рационалистична», никакие демпфирующие социальные инструменты, которые бы снижали риски экономического роста, не предусмотрены. Поэтому структура упрощается, отдельные виды деятельности, которые не вносят вклад в прирост дохода, исчезают (*B* и *D*), а ресурсы направляются только на те виды деятельности, которые способны максимально увеличить доход.

Однако на первой же итерации резко изменяется структура экономики, так же резко увеличивается доход (максимальный рост по темпу и величине), на последующих этапах (итерациях) идет подстройка сложившейся структуры — виды деятельности, или элементы системы *A* и *C*, сокращаются, причем *C* до нуля на от 3-й к 4-й итерации и на 5-й итерации остается структура из двух подсистем — *A* и *E*. Доход растет довольно медленно. Возможно, что в такой экономике на дальнейших итерациях он достигнет некоего максимума, а экономическая система будет представлена одним элементом — видом деятельности. Если бы не

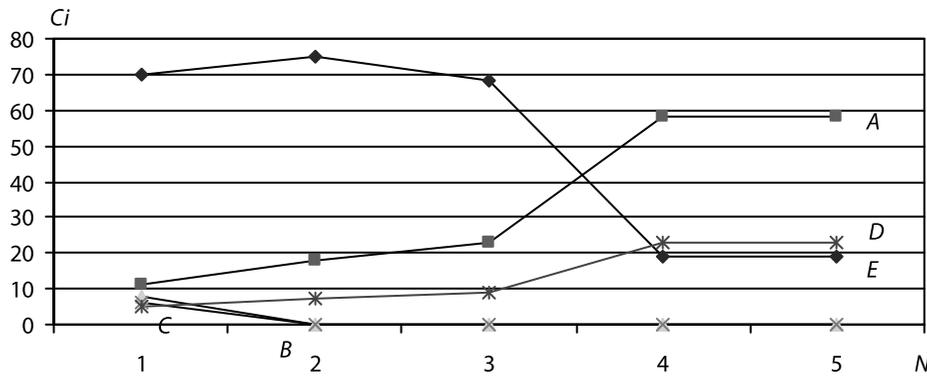


Рис. 3. Итерационное изменение экономической структуры (2-й режим)

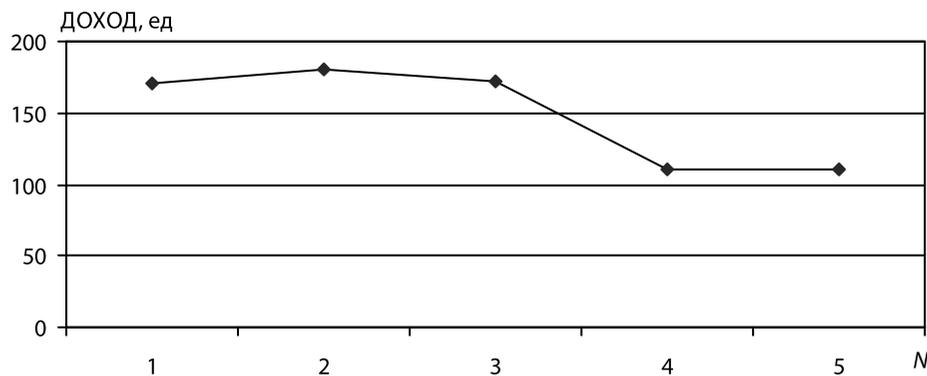


Рис. 4. Итерационное изменение дохода (2-й режим)

было институтов и инерции структуры и государственной политики, в идеале, так бы и происходило. Но на практике таких результатов не наблюдается, хотя отдельные аналогии можно привести из этого модельного примера. Вывод важный в том, что при различных структурах, то есть соотношениях элементов системы, она демонстрирует различный экономический рост¹. Риск роста в данном примере увеличивается. В количественном отношении его доля плавают от структуры к структуре. Рост риска замедляется соразмерно с доходом, но его доля в доходе примерно остается неизменной на последнем участке (итерации 4-5).

На рис. 3-4 отражена ситуация, когда совокупный доход системы и риск развития снижаются. Можно интерпретировать ее как разновидность спада экономики, то есть тенденцию, противоположную росту, поскольку совокупный доход снижается. Доход на первой итерации возрастает, то есть наблюдается экономический рост, при этом структура изменяется (два элемента выпадают из системы), затем идет снижение дохода (спад), а структура изменяется существенно — изменяются приоритеты по элементам системы — позиции А и Е,

и D становится в большем приоритете, чем E. Доход на 4-5 итерации стабилизируется.

На рисунке 5 представлена ситуация, когда система растет, ориентируясь на некие цели (ожидаемый доход), риск экономического роста (потери дохода) также увеличивается, однако на участке, где он резко вдруг возрастает, наблюдается снижение гарантированной прибыли экономической системы.

Это связано, видимо, с тем, что действуют факторы неравномерного возрастания риска, что может снизить прибыль. Точки R_1 и R_2 отвечают условным 160 и 180 единицам ожидае-

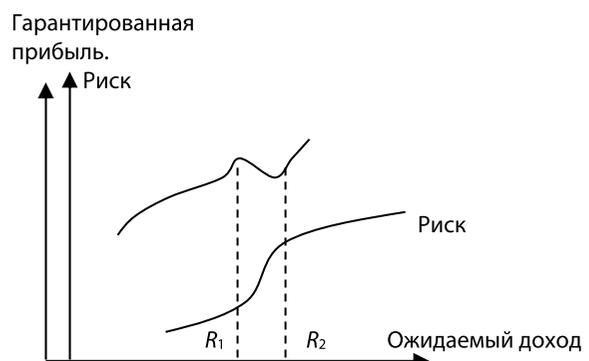


Рис. 5. Экономическая структура, гарантированная прибыль и риск (ожидаемый доход $R_1 = 160$ ед. обеспечивается тремя видами деятельности А, D, E, при $R > R_1$ и $R_2 = 180$ ед. к этим трем добавляются еще два вида — В, С)

¹ К тому же если учесть ограничения на процесс итерационного развития, то подобный исход будет тем более ярким.

мого дохода. При $R > R_1$ структура экономики усложняется, появляются еще два элемента, возможно, порождающих неравномерное изменение (резкое увеличение риска), с вероятностью снижения прибыли. Возникает эффект рецессии, либо же короткий спад, который в дальнейшем корректируется новой структурой, демонстрирующей большую устойчивость в росте за счет диверсификации.

Таким образом, можно озвучить следующую идею: за счет институтов как социальных демпферов экономического роста этот рост приобретает свойства устойчивости, причем этот рост сопровождается ростом разнообразия и диверсификации экономической и институциональной структуры, способен регулировать отклонения и корректировать короткие спады. Возможен также экономический рост, когда и доход и риск увеличивается (риск, конечно, до некоторой величины), но разнообразие структуры при этом уменьшается, то есть мешающие элементы, не поддерживающие экономический рост, исчезают, что можно видеть на данных тестовых примерах.

В результате возникают ситуации, при которых доход и риск увеличиваются с ростом экономики, но могут быть и такие режимы, когда доход увеличивается, риск сокращается, либо риск возрастает, доход сокращается. Важно, чтобы институты не зафиксировали одну из таких неэффективных структур, когда приоритет одних элементов системы «затмит» развитие иных важных для общества элементов.

2. Технологический рост экономических систем

Условием технологического роста, помимо исходных знаний и информации, капитальных активов, являются, прежде всего, собственно капитальные вложения, то есть инвестиции в создание капитальных благ, включая фундаментальные исследования [2, 14-15]. Неравномерность технологического роста связана отнюдь не с наличием неких пауз в инновациях, которые отсутствуют в силу специфики инженерного труда¹, а с тем, что скорость из-

¹ Между эпохальными инновациями, по Й. Шумпетеру [14-15], имеется промежуток времени, они не являются постоянными, их появление дискретно, а вот между улучшающими и дополняющими инновациями такие промежутки отсутствуют. Другое дело, что скорость изменения улучшающих и дополняющих инноваций может изменяться, она не постоянна, но это совершенно иная проблема, в том числе институциональной организации системы. Вероятно, к тому же, что с течением времени эпохальные инновации станут возникать все реже и фактически их влияние будет

менений является непостоянной, она изменяется при смене многих факторов и институтов, влияющих на технологическое развитие [3-4]. Равномерное развитие предполагает по логике вещей постоянство этой скорости. Тривиальные модели появления новой технологии исходят из сопоставления дохода (прибыли), который давала старая технология на некотором интервале ее действия, и дохода, который принесет новая технология на следующем интервале. Правильнее было бы сопоставить этот доход или прибыль по новой технологии с тем доходом (прибылью) от старой технологии в случае, если бы она продолжила функционирование во время введения новой технологии. Этот «инвестиционный» критерий, как уже отмечалось, нельзя применять даже на уровне фирмы, осуществляя выбор между эксплуатацией старой технологии и введением новой технологии, поскольку он недостаточен для принятия решения: сравнивается прибыль от старой технологии, которую уже получили, с возможной прибылью от новой технологии, которую получить ожидаем. Возможно, наиболее продуктивным будет комбинированное решение, сохраняющее и повышающее статус эффективности старой технологии и обеспечивающее применение новой технологии. К тому же, подобное противопоставление неуместно по простой причине — старая технология не всегда полностью замещается новой технологией, она может стать более эффективной и продолжать эксплуатироваться наравне с развитием новой технологии.

Если инвестиции в новую технологию осуществлены, но она не показывает расчетной эффективности, то довольно трудно быстро отказаться от эксплуатации этой технологии в силу институциональных аспектов, а также действия финансовой логики и надежд, что все-таки требуется подождать для получения наиболее эффективных результатов. Предположение, будто в долгосрочном периоде только базисные инновации обеспечивают скачок в производительности факторов экономического роста, а улучшающие инновации на это не способны, будет довольно ограниченным представлением, не связанным с сутью инженерных процессов, развитием техники, подчиняющейся кумулятивному эффекту, который сам по себе становится базисной инноваций по

замещено лавинообразно нарастающими улучшающими и дополняющими инновациями. В этом будет состоять новая модель технологического и экономического роста, хотя вероятность эпохального прорыва исключать также близоруко.

отдельным направлениям технологического развития (за счет нового качества научно-технических результатов).

Представим «инвестиционный принцип» переключения технологий, то есть правило принятия решения при переходе от старой технологии к новой. Для этого обозначим I_1 и I_2 инвестиции в старую и новую технологии. Все события происходят на интервале времени $[0, T]$, причем возможный переход (переключение) со старой технологии на новую технологию происходит в момент времени t_1 . Иными словами, старая технология в таком случае эксплуатируется в течение периода $[0, t_1]$, новая технология начинает эксплуатироваться с момента t_1 и до T , то есть период $[t_1, T]$. Тогда, учитывая, что доход для старой и новой технологии и прибыль соответственно y_s, y_n, p_s, p_n , получим¹:

$$\begin{aligned} y_s &= aI_1^\beta D_{[0,t_1]}(r), \\ p_s &= aI_1^\beta D_{[0,t_1]}(r) - I_1, \\ y_n &= bI_2^\gamma D_{[t_1,T]}(r), \\ p_n &= bI_2^\gamma D_{[t_1,T]}(r) - I_2. \end{aligned}$$

Эта запись показывает, что старая технология в момент t_1 перестала приносить доход (прибыль). Если же старая технология продолжает эксплуатироваться до момента T , то дисконтирование изменяется, и запись также:

$$\begin{aligned} y_s &= aI_1^\beta D_{[0,T]}(r), \\ p_s &= aI_1^\beta D_{[0,T]}(r) - I_1. \end{aligned}$$

Для новой технологии тогда можем записать и так:

$$\begin{aligned} y_n &= bI_2^\gamma D_{T-t_1}(r), \\ p_n &= bI_2^\gamma D_{T-t_1}(r) - I_2. \end{aligned}$$

Важно отметить, что коэффициенты a и b — это параметры, отражающие технологический уровень, а показатели степени β, γ — масштаб производства, который в общем случае для старой и новой технологии не могут совпадать,

¹ В строгом варианте надо учесть разную ценность денег, инвестированных сейчас и через период времени $[0, t_1]$, осуществив дисконтирование, но норма дисконта $r(t)$, если период времени значительный, также должна изменяться и зависеть от I_1 и I_2 , так что $r = F(I_1, I_2, t)$. Следовательно, простых и тривиальных математических выкладок уже не получится. Можно обозначить процедуру дисконтирования так: $D(r) = \sum_{a=1}^t \frac{1}{(1+r)^a}$. Соответственно, у нас t — это для старой технологии t_1 , для новой технологии — T .

особенно на довольно длительном интервале времени. Масштаб производства не изменится, как известно, только на коротком интервале. Поэтому в формуле можно считать $\beta = \gamma$ только для относительно короткого интервала времени. Фактически, если задавать доход как $y = aI^\beta$, то коэффициент β означает эластичность дохода по капиталу I . Утверждать, будто коэффициент $a = A L^{1-\beta}$, также будет некорректно, несмотря на вроде бы закономерное стремление показать тождественность представления дохода в виде производственной функции Кобба — Дугласа. Дело в том, что функция Кобба — Дугласа при увеличении интервала времени должна предполагать изменение коэффициентов замещения труда и капитала, поскольку это соотношение изменяется, оно не может быть постоянным при структурных изменениях экономики и повышении технологического уровня.

Оптимальную величину инвестиций в старую и новую технологии можно определить из условия:

$$\begin{aligned} \frac{dp_s}{dI_1} &= 0, \\ \frac{dp_n}{dI_2} &= 0. \end{aligned}$$

Откуда следует решение, какие нужны инвестиции, чтобы прибыль от эксплуатации технологии была максимальной, при соответствующих ограничениях на изменение функции прибыли²:

$$\begin{aligned} I_1 &= [a\beta D_{[0,T]}(r)]^{\frac{1}{1-\beta}}, \\ I_2 &= [b\gamma D_{[t_1,T]}(r)]^{\frac{1}{1-\gamma}}. \end{aligned}$$

Условие смены технологий можно записать по величине получаемого дохода, подставив величину инвестиций, максимизирующих прибыль, для одной и другой технологии и сравнивая ожидаемый доход за один и тот же период функционирования $(T - t_1)$, тогда получим:

$$\begin{aligned} y_{s[T-t_1]} &\leq y_{n[T-t_1]}, \\ \frac{a}{b} &\leq \frac{I_2^\gamma D_{[t_1,T]}(r)}{I_1^\beta D_{[0,T]}(r)}, \\ \frac{a^{\frac{1}{1-\beta}}}{b^{\frac{1}{1-\gamma}}} &\leq \frac{\gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} [D_{T-t_1}]^{\frac{1}{1-\gamma}}}{\beta^{\frac{\beta}{1-\beta}} [D_T]^{\frac{1}{1-\beta}}}. \end{aligned}$$

² Известное условие по первой производной функции или вторая производная должна быть меньше нуля.

Если — с большой натяжкой — считать, что $\beta = \gamma$, тогда критерий запишется довольно просто:

$$\frac{a}{b} \leq \frac{D_{T-t_1}}{D_T}.$$

Таким образом, смена технологий, то есть предпочтение новой технологии перед старой, будет определяться интервалом времени действия старой технологии и нормой дисконта, а также моментом, когда появляется новая технология. Иными словами, в значительной степени это зависит от процента и никак не зависит от масштаба производства по старой и новой технологии. Коэффициент отдачи, или уровень технологии, должен быть $b > a D_T / D_{T-t_1}$ либо равен этой величине, чтобы произошло переключение в пользу новой технологии. Обстоятельство о равенстве коэффициентов масштаба нельзя признать верным, в связи с чем следует записывать производственную функцию для одной и второй технологии отдельно, не только со своим коэффициентом уровня технологии, но и коэффициентом масштаба.

Условие, записываемое через соотношение прибыли для отрезка времени, когда действует старая технология и появилась новая технология, примет вид:

$$aI_1^\beta D_{T-t_1}(r) - I_1 \leq bI_2^\gamma D_{T-t_1}(r) - I_2.$$

Подставляя оптимальную величину инвестиций для одной и другой технологии, можно получить условие для a/b , которое должно быть меньше или равно некоей величине справа в неравенстве. Прделав необходимые выкладки, получим:

$$\frac{a^{\frac{1}{1-\beta}}}{b^{\frac{1}{1-\gamma}}} \leq \frac{D_{T-t_1}^{\frac{1}{1-\gamma}} \gamma^{1-\gamma} (\gamma^\gamma - 1)}{\{\beta^\beta D_T^\beta D_{T-t_1} - 1\} (\beta D_T)^{\frac{1}{1-\beta}}}.$$

При $\beta = \gamma$, имеем условие перехода на новую технологию:

$$\frac{a}{b} \leq \left[\frac{D_{T-t_1}}{D_T} \right]^{\frac{1}{1-\beta}} \frac{\beta^\beta - 1}{\beta^\beta D_T^\beta D_{T-t_1} - 1}.$$

Хотелось бы отметить, что по большому числу технологий сложность подобных условий резко увеличивается. Даже в этом случае принимаются не очень «живые» допущения, которые невозможно переносить на длительный интервал эволюции экономической системы. Несколько снизить «неживой» характер применения «инвестиционного принципа» к выбору технологии можно за счет структур-

ной постановки задачи технологического роста (изменений).

Покажем появление новых комбинаций также на простейшем примере, отказываясь от «инвестиционного принципа», когда новые технологии одного класса вытесняют устаревающие технологии, причем происходит заимствование ресурса от одних возможностей в пользу других. Однако «вытеснение» происходит не по «линейной логике», вводимой принципом «созидательного разрушения» (что новое вытесняет старое), а за счет создания нового ресурса под новую комбинацию. Только так она может укорениться в экономике. Введем соответственно $I_s = f_1(r_s)$ и $I_n = f_2(r_n)$ — ресурс (инвестиции) в прежние и новые технологии, приняв, что с течением времени использование этого ресурса изменяется по логистической кривой, приняв α — долю отвлечения ресурса от прежних технологий в пользу новых, μ — долю вновь создаваемого ресурса для новой комбинации. Все параметры, включая r_n и r_s — параметры рентабельности новых и прежних технологий, являются функциями времени. Доход D всей системы, состоящей из старых и новых технологий. Доход, который дают соответственно старые и новые технологии — D_s , D_n . Их соотношение $\beta = D_n / D_s$. Для экономической системы имеются следующие соотношения, при том что $\alpha = I_n / I_s$, $D = D_s + D_n$, $\beta = D_n / D_s$, $r_s = D_s / I_s$, $r_n = D_n / I_n$, ресурс, отвлекаемый новой технологией αI_s :

$$r_n(t) = \frac{D_n(t)}{\alpha(t)I_s(t)};$$

$$r_s(t) = \frac{D_s(t)}{I_s(t)};$$

$$r_n(t)\alpha(t) + r_s(t) = \frac{D(t)}{I(t)};$$

$$\frac{r_s(t)}{r_n(t)} = \frac{\alpha(t)}{\beta(t)};$$

$$r_s(t) = \frac{D(t)}{I_s(t)} \frac{1}{\beta(t) + 1};$$

$$\gamma(t) = \frac{\alpha(t)}{1 + \alpha(t)}.$$

Если принять, что ресурс новой комбинацией заимствуется, тогда изменение рентабельности старой системы будет зависеть от создаваемого дохода, величины ресурса, используемого старыми технологиями, доли отвлечения ресурса и ее изменения с течением времени. Все параметры меняются с течением времени, а появление новой комбинации но-

сит вероятностный характер. Задача особенно усложнится, если в системе появляется сразу несколько комбинаций и если ресурс заимствуется лишь частично, причем в меньшей степени, а в большей степени — создается новой комбинацией. Планирование способно задать и рентабельности по секторам либо дать ориентир на величину параметра $\gamma(t)$. Это и будет означать, что функционально планирование направлено на то, чтобы проектировать, создавать новую экономическую структуру, управлять ее изменением, создавать возможности для появления новых комбинаций или программировать это появление. Таким образом, не макроэкономические параметры стандартного ряда (валовой внутренний продукт, инфляция или инвестиции) становятся планируемыми величинами, а параметры относительные, характеризующие структурную динамику экономической системы, либо проектировки по одной и другой группам параметров необходимо каким-то образом согласовывать. Это потребует создания моделей совершенно иного типа. Такой подход условно можно назвать структурным планированием, причем с точки зрения стратегической перспективы для развития экономической системы оно имеет непреходящее значение.

Превосходство новой комбинации становится очевидным при условии $r_n / r_s > 1$, что отвечает условию $D(t) / [\alpha(t) r_s(t) I_s(t)] > 1 / \gamma(t)$.

Пусть необходимый потребный ресурс для развития новой комбинации I_n^p . Допустим, что величина ресурса на новую комбинацию образуется за счет отвлечения ресурса R_1 от прежней комбинации плюс вновь создаваемый ресурс R_2 . Исходя из этого, $\alpha = R_1 / I_s$, $\mu = R_2 / I_n$. Тогда, $I_n = \alpha I_s + \mu I_n$. Откуда

$$I_n = \frac{\alpha I_s}{1 - \mu}, \quad \mu < 1.$$

Считая для упрощения, что α и μ не изменяются с течением времени (в общем случае это не так):

$$\frac{dI_n}{dt} = \frac{\alpha}{1 - \mu} \frac{dI_s}{dt}.$$

Если $\mu = 1$, то ресурс под новую комбинацию создается в полном объеме, без отвлечения от ресурсов от старых комбинаций, $\alpha = 0$, $R_2 = I_n$, $R_1 = 0$. В таком случае приведенное выражение вырождается, а формирование новой комбинации происходит целиком за счет нового ресурса. Если $\alpha = 1$, то новая комбинация возникает исключительно за счет ресурса старых комбинаций, то $R_1 = I_s$, $R_2 = 0$, $I_n = I_s$, $\mu = 0$.

Когда ресурс, которым располагает возникающая комбинация, меньше требуемого для ее развития ресурса, технологическое развитие является затруднительным, перспектива новой комбинации не имеет ресурсных оснований. Данное условие выражается следующим неравенством:

$$\frac{I_n^p(t)}{I_s(t)} > \alpha \frac{1}{1 - \mu}.$$

Развитие новой комбинации имеет положительную перспективу, если

$$\frac{I_n^p(t)}{I_s(t)} \leq \alpha \frac{1}{1 - \mu}.$$

Учитывая логистический характер изменения I_s и I_n , запишем

$$I_s = \frac{a_s}{1 + b_s e^{-t}};$$

$$I_n = \frac{a_n}{1 + b_n e^{-t}}.$$

Уравнения логистического роста примут вид

$$\frac{dI_s}{dt} = k_s I_s (a_s - I_s);$$

$$\frac{dI_n}{dt} = k_n I_n (a_n - I_n).$$

Имея эмпирические данные по развитию старых комбинаций, применяя метод наименьших квадратов, можно получить коэффициенты a_s, b_s . Также можно оценить и параметры a_n, b_n , имея данные по ресурсу I_n за некоторый период. Осуществляя алгебраические преобразования, можно определить коэффициенты k_s, k_n , исходя из системы уравнений

$$a_n k_n (1 - \mu) I_s - k_n \alpha I_s^2 = (1 - \mu) \frac{dI_s}{dt}; \quad (*)$$

$$k_s I_s (a_s - I_s) = \frac{dI_s}{dt}.$$

Причем определяемые коэффициенты зависят от параметров $\alpha(t)$ и $\mu(t)$. Имея соотношение между необходимым ресурсом на развитие новых комбинаций и оценкой используемого ресурса старой комбинацией, воздействуя на управляемые параметры $\alpha(t)$ и $\mu(t)$, можно оценить возможность развития структуры новых и старых комбинаций в рамках данной экономической системы и институциональных ограничений. Более того, изменение параметров $\alpha(t)$ и $\mu(t)$ будет в существенной степени определяться институциональными условиями и возможностями самих технологий и располагаемых ими ресурсов.

Если управляемые параметры $\alpha(t)$ и $\mu(t)$ меняются во времени (а в общем виде это именно так), то решение усложняется. Тогда производная выражения $I_n = \frac{\alpha I_s}{1-\mu}$, $\mu < 1$ даст следующее уравнение:

$$\frac{dI_n}{dt} = \eta(t) \frac{dI_s}{dt} + V_\alpha I_s \chi(t) + V_\mu \eta(t) \chi(t); \quad (**)$$

$$\eta(t) = \frac{\alpha(t)}{1-\mu(t)}; \quad \chi(t) = \frac{1}{1-\mu(t)};$$

$$V_\alpha = \frac{d\alpha}{dt}; \quad V_\mu = \frac{d\mu}{dt}.$$

Решением уравнения (*) в предположении неизменных скоростей заимствования и создания новых инвестиций (ресурса) α и β , для $I_s(t)$ в начальной точке $I_s(0) = I_0$ будет следующее выражение¹:

$$I_s = \frac{1-\mu}{\alpha} \frac{a_n}{1+be^{-a_n k_n t}},$$

$$b = \frac{1-\mu}{\alpha} \frac{a_n}{I_0} - 1,$$

$$I_n = \frac{a_n}{1+be^{-a_n k_n t}}.$$

Для динамически изменяемых скоростей создания нового ресурса и заимствования старого ресурса необходимо иметь закон изменения скорости, чтобы решить уравнение (**). Скорость создания нового ресурса $d\mu(t)/dt = f(V_2)$ под новую комбинацию можно ассоциировать со скоростью открытия ресурса, а скорость заимствования $d\alpha(t)/dt = y(V_1)$ связать со скоростью исчерпания ресурса. Тогда:

$$I_n = \frac{\int_{t_0}^T y(V_1) dt}{1 - \int_{t_0}^T f(V_2) dt} I_s.$$

То, как расположится новая логиста, отвечающая $I_n(t)$, зависит от соотношения α и μ . При $\alpha < 1 - \mu$ и $\alpha < 1, \mu < 1$, развитие новой комбинации I_n будет соответствовать логисте, которая пройдет ниже I_s (1-й режим). При $\alpha > 1 - \mu$, наоборот, новая комбинация превзойдет возможности I_s (2-й режим). Графически эта ситуация показана на рисунке 6.

Конечно, заимствование ресурса может быть подчинено стратегии создания новой

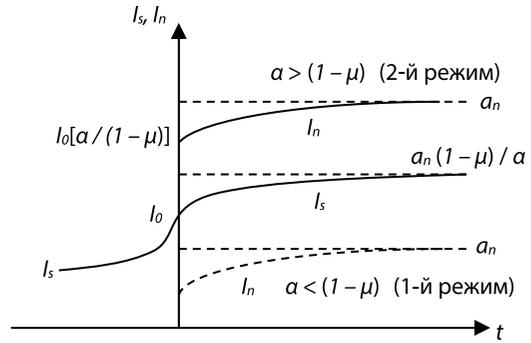


Рис. 6. Развитие старой и новой комбинации в экономике

технологии и нового ресурса. Однако приведенный условный график подтверждает соотношение скоростей заимствования и создания нового ресурса, когда эти процессы не связаны неким «внутренним» законом, то есть скорости не определяют одна другую (на практике может оказаться ситуация, когда одна скорость зависит от другой). Новая комбинация по своей доле в ВВП может превышать возможности (вклад) старой комбинации. Однако вероятно развитие, когда такого превышения не наблюдается и график новой комбинации проходит ниже графика старой комбинации. Другое дело, если новая комбинация возникает, когда старая уже достигла насыщения или находится на определенном уровне развития, скажем, при $t > t_0$. Тогда нужно получить смещенное решение, когда при $t = t_0, I_n = I_1$, а не при $t = 0, I_n = I_0\alpha/(1-\mu)$. Причем I_0 — это некоторый объем ресурса старой комбинации в момент $t = 0$. Величина I_1 соответствует ресурсу зарождения новой комбинации I_n , то есть это ресурс, необходимый для того, чтобы в момент t_0 появилась новая комбинация. Этот момент времени можно определить из формулы для новой комбинации I_n , а именно:

$$\frac{a_n}{1+be^{-a_n k_n t_0}} = I_1, \text{ откуда}$$

$$t_0 = \frac{\ln\left[\frac{1-\mu}{\alpha} \frac{a_n}{I_0} - 1\right] - \ln\left[\frac{a_n}{I_1} - 1\right]}{a_n k_n}.$$

Сложность использования каких-либо зависимостей для описания технологического развития состоит в том, что трудно подобрать кривую, потому как для различных технологий это, скорее всего, не будут одинаковые кривые, например логисты. Определить момент времени появления новой комбинации также не представляется возможным с необходимой точностью. Обычно имеющиеся представления о технологическом развитии сводятся, как

¹ Я благодарен доктору физико-математических наук профессору И. А. Рудакову за консультацию по поводу этого решения и использования логистических соотношений в экономическом анализе.

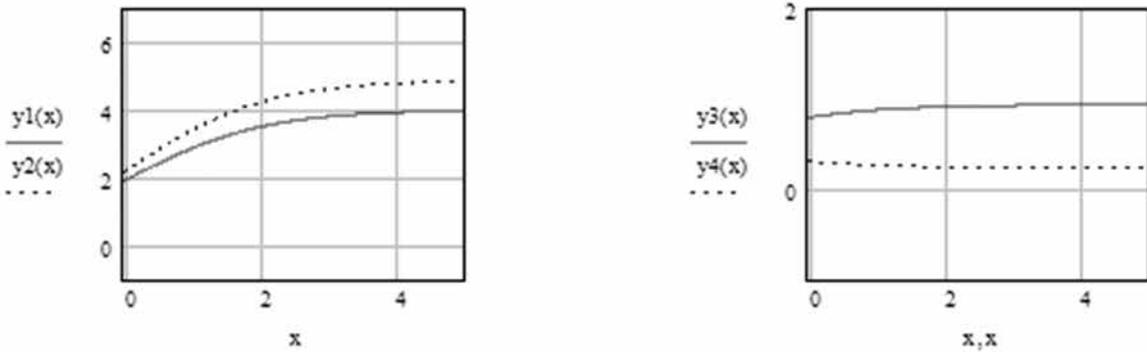


Рис. 7. Рост подсистем экономики при монотонном изменении скоростей, когда $\alpha(t)$ возрастает, $\mu(t)$ убывает

было показано выше, к выделению этапов развития постфактум, когда уже технологии известны и прошли свой эволюционный путь до некоторой точки. В этой точке исследователь неким образом распознал, классифицировал эти технологии, привязав к интервалу времени, когда те или иные из них доминировали, если оценивать это доминирование по некоему вводимому параметру. Экономический рост на базе технологического развития (роста) совсем не обязательно осуществляется за счет перераспределения ресурсов от одних комбинаций к другим комбинациям, хотя этот процесс — отъема некоторого ресурса — существует.

Но весьма важен процесс создания нового ресурса, открытия ресурса, который и составляет базу следующего этапа экономического роста [2]. При этом темп технологического роста на каких-то интервалах может оказаться выше темпа экономического роста, поскольку в экономической системе возникают факторы торможения и иные подсистемы, растущие по иным законам, нежели технологии. Разница в скоростях порождает конфликт между подсистемами экономики, возникают эффекты асинхронности в развитии, а сам экономический рост становится несбалансированным.

3. Режимы конкурентного развития старых и новых технологических комбинаций: произвольный пример

Рассмотрим ситуации, когда параметры скорости использования ресурсов изменяются по-разному: монотонно возрастают и убывают в одном или противоположных направлениях. Везде будем считать, что I_n и I_s изменяются согласно приводимым ниже зависимостям, причем сплошная линия на графиках отвечает I_s , $\alpha(t)$, штриховая линия — I_n , $\mu(t)$.

$$I_s = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-st}}; \quad y = \alpha(t) \text{ — сплошная линия};$$

$$I_n = \frac{\alpha(t)}{1 - \mu(t)} I_s; \quad y = \mu(t) \text{ — штриховая линия}.$$

На последующих рисунках — компьютерных имитациях график слева — это изменение I_n и I_s , справа — изменение $\alpha(t)$, $\mu(t)$. По оси абсцисс отложено время, в равных интервалах, по оси ординат — параметр y_i — отражающий изменение указанных параметров, i — номер эксперимента

1. $\alpha(t)$, $\mu(t)$ изменяются монотонно: $\alpha(t)$ — возрастает, $\mu(t)$ — убывает.

$$\alpha(t) = 0,8 + 0,1 \arctg(x), \quad \mu(t) = 0,3 - 0,05 \arctg(x).$$

Как видим на рисунке 7, если скорость $\alpha(t) > \mu(t)$, при этом скорость использования старого ресурса возрастает, а нового несколько снижается (монотонное изменение), то развитие «новой» комбинации устойчиво доминирует над «старой» комбинацией (рис. 7, слева).

Далее рассмотрим ситуации, когда обе скорости по старым и новым комбинациям сначала монотонно возрастают (рис. 8), затем монотонно убывают (рис. 9).

Тогда, получим:

2. $\alpha(t) = 0,8 + 0,1 \arctg(x)$, $\mu(t) = 0,3 + 0,05 \arctg(x)$ — монотонно возрастают.

3. $\alpha(t) = 0,8 - 0,1 \arctg(x)$, $\mu(t) = 0,3 - 0,05 \arctg(x)$ — монотонно убывают.

Как видим на рисунках 8-9, отвлечение ресурсов превосходит создание ресурсов (сплошная линия на рисунках справа лежит выше штриховой линии), что в значительной степени отвечает режиму развития большинства экономических систем.

При монотонном возрастании скорости использования ресурсов разными методами новая комбинация будет расти вместе со старой комбинацией, однако, отрыв в развитии новой комбинации от старой будет существенно выше, что видно, если сопоставить графики на рисунке 8 (слева) и на рисунке 7 (слева), где линия новой комбинации (штриховая) очень

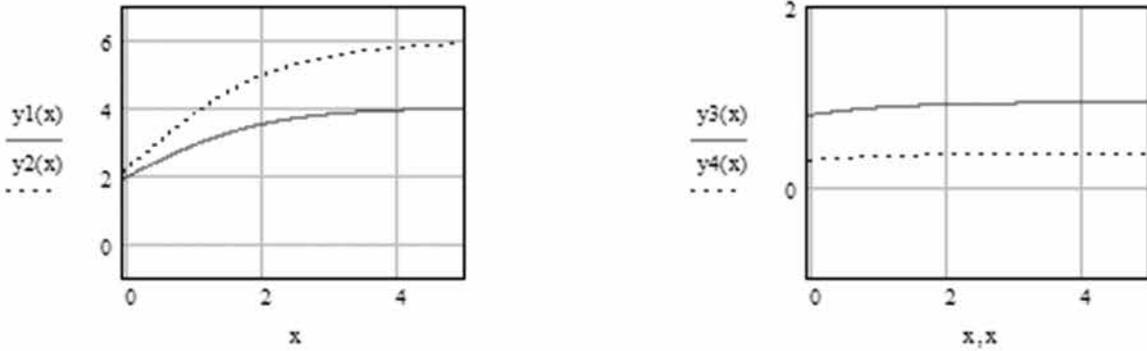


Рис. 8. Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при монотонно возрастающих скоростях (отвлечения и создания) использования ресурсов

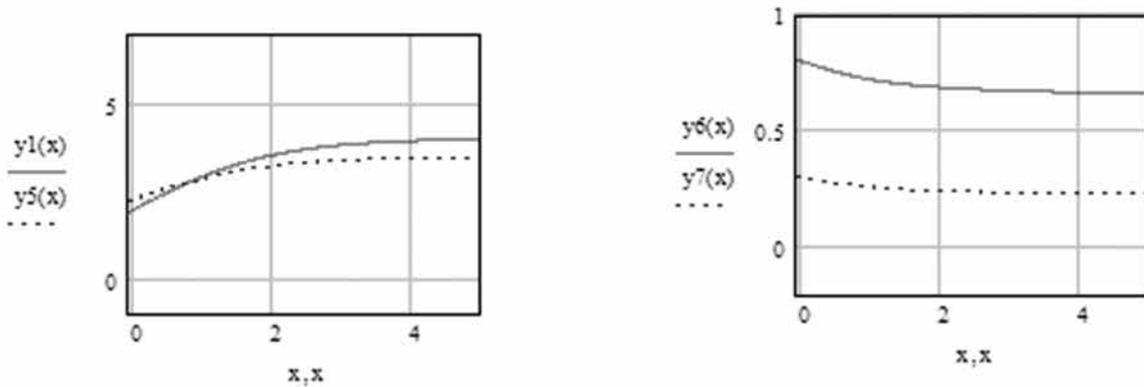


Рис. 9. Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при монотонно убывающих скоростях (отвлечения и создания) использования ресурсов

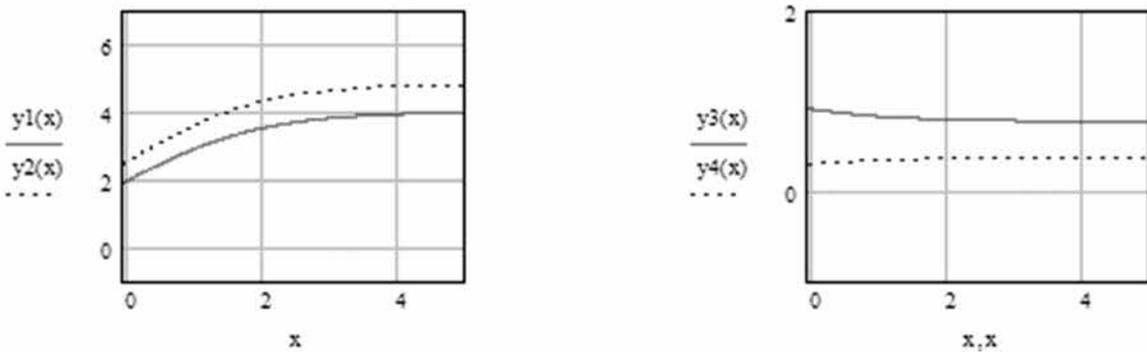


Рис. 10. Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при убывании $\alpha(t)$ и возрастании $\mu(t)$

близко проходит относительно линии старой комбинации (сплошная линия).

При монотонном убывании скоростей (см. рис. 9) режим развития экономической системы становится такой, что на начальном этапе «новая» комбинация опережает в развитии «старую», ее вклад в рост системы больше, однако, затем старая комбинация доминирует относительно новой в обеспечении развития (роста) системы (рис. 9, слева).

4. $\alpha(t) = 0,9 - 0,1 \arctg(x)$, $\mu(t) = 0,3 + 0,05 \arctg(x)$, то есть, монотонно $\alpha(t)$ — убывает, $\mu(t)$ — возрастает (рис. 10).

Как видим на рисунке 10 (слева), «новая» комбинация доминирует при таком соотношении скоростей и данном типе их изменения.

Возможны иные соотношения изменений указанных скоростей изменения ресурсов. Покажем это ниже.

5. $\alpha(t) = 0,3 - 0,1 \arctg(x)$, $\mu(t) = 0,7 + 0,05 \arctg(x)$ — $\alpha(t)$ — убывает, $\mu(t)$ — возрастает. Таким образом, как и в примере 4, скорость по старой комбинации убывает, по новой возрастает, однако соотношение скоростей иное (см. рис. 11, справа).

Как видно на рисунке 11 справа, скорость $\mu(t) > \alpha(t)$ на всем интервале наблюдаемого изменения. Тогда (рис. 11, слева) рост экономической системы осуществляется за счет роста и старых и новых комбинаций, однако на начальном этапе доминирование одной комбинации над другой не является очевидным, а рост

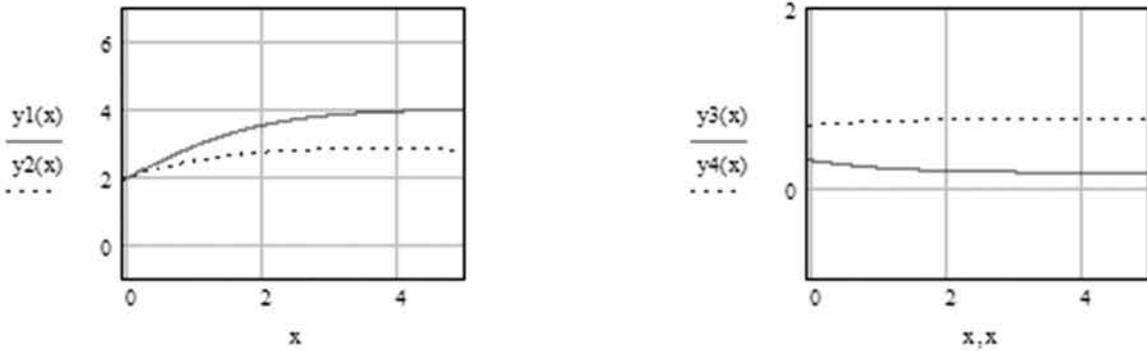


Рис. 11. Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при убывании $\alpha(t)$ и возрастании $\mu(t)$, когда $\mu(t) > \alpha(t)$

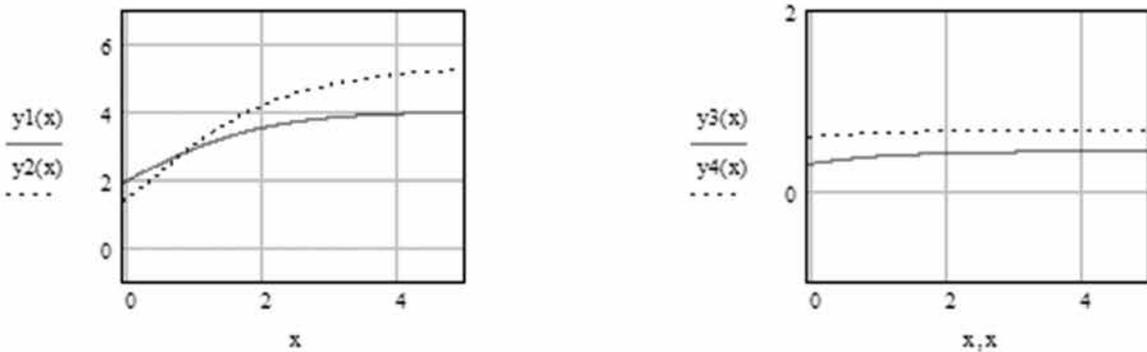


Рис. 12. Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при возрастании $\alpha(t)$ и $\mu(t)$, когда $\mu(t) > \alpha(t)$

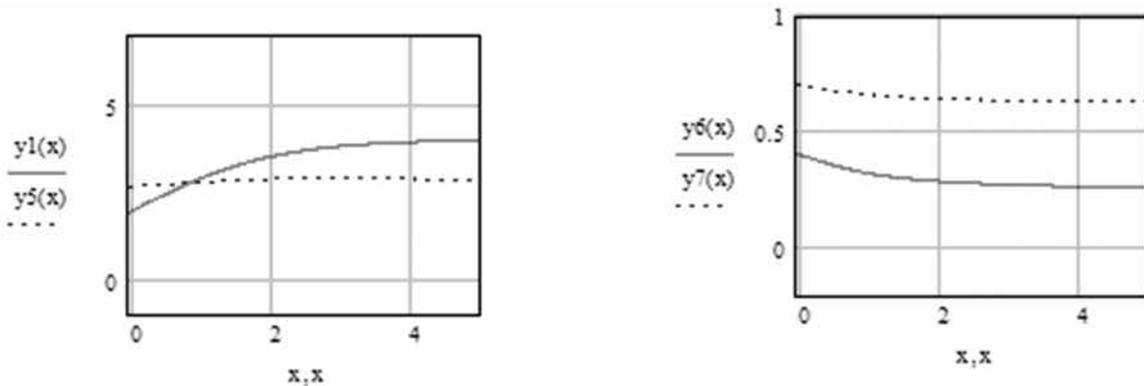


Рис. 13. Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при убывании $\alpha(t)$ и $\mu(t)$, когда $\mu(t) > \alpha(t)$

«новой» комбинации является более скромным по сравнению со «старой» комбинацией.

Теперь рассмотрим для такого же соотношения скоростей $\mu(t) > \alpha(t)$, ситуацию, когда обе скорости монотонно возрастают и убывают.

6. $\alpha(t) = 0,3 + 0,1 \arctg(x)$, $\mu(t) = 0,7 + 0,05 \arctg(x)$ — $\alpha(t)$ — возрастает, $\mu(t)$ — возрастает.

Как видно из рисунка 12 (слева), возможен режим, когда новая комбинация, уступавшая на первом этапе старой комбинации, затем начинает доминировать, внося наибольший вклад в развитие экономической системы.

7. $\alpha(t) = 0,4 - 0,1 \arctg(x)$, $\mu(t) = 0,7 - 0,05 \arctg(x)$ — $\alpha(t)$ — убывает, $\mu(t)$ — убывает.

Когда обе скорости убывают, и скорость по «новой» комбинации выше на всем наблюдаемом интервале, чем скорость по «старой» комбинации, то рост экономической системы на первой стадии осуществляется за счет зародившейся новой комбинации, но затем старая комбинация перехватывает инициативу и оказывает доминирующее воздействие на развитие системы (рис. 13, слева).

Таким образом, при возрастании скоростей, если скорость новой комбинации выше, чем скорость по старой комбинации, развитие будет происходить за счет новой комбинации, оказывающей более сильное влияние. Однако при снижении скоростей, когда скорость по но-

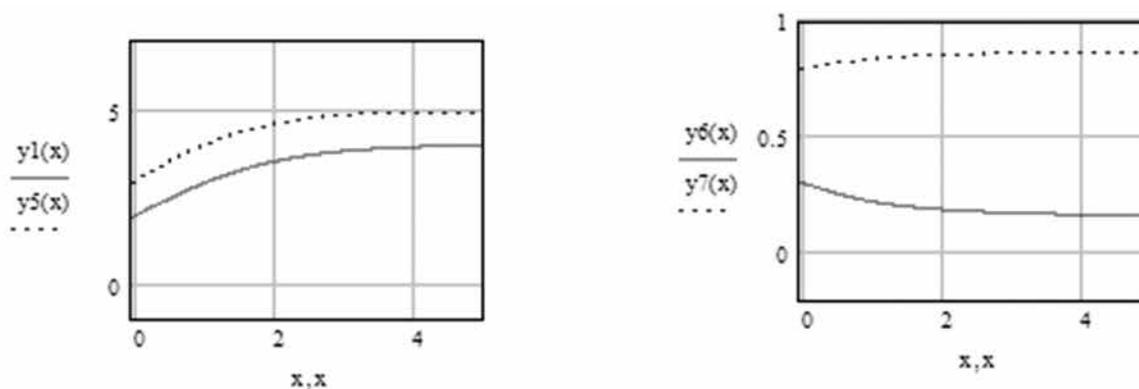


Рис. 14. Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при убывании $\alpha(t)$ и возрастании $\mu(t)$, когда $\mu(t) > \alpha(t)$

вой комбинации превосходит скорость по старой комбинации, наоборот, развитие осуществляется за счет старой комбинации.

Возможен сценарий, когда при убывании скорости по старой комбинации и возрастании по новой будет наблюдаться развитие за счет новой комбинации (рис. 14, слева), при этом $\mu(t) > \alpha(t)$.

8. $\alpha(t) = 0,3 - 0,1 \arctg(x)$, $\mu(t) = 0,8 + 0,05 \arctg(x)$ — $\alpha(t)$ — убывает, $\mu(t)$ — возрастает.

Эффект, когда при почти одних и тех же условиях имеем принципиально не совпадающее развитие, возникает в силу сильного превосходства скорости по новой комбинации над скоростью по старой комбинации, то есть $\mu(t) > \alpha(t)$ (рис. 14, справа)

Таким образом, имеется несколько режимов развития (условий, детерминированных институтами, технологиями, действующими факторами производства), при которых доминирует либо набор старых комбинаций, либо новые комбинации. На одном и том же периоде времени происходит изменение режима доминирования, когда на первоначальной стадии доминирует новая или старая комбинация, а затем, в большую часть периода наблюдения, наоборот, одна из комбинаций занимает преобладающее положение. Общий итог определяется законом изменения скоростей и их соотношением, а также знаком изменения — возрастания ($V_\alpha = d\alpha/dt > 0$, $V_\mu = d\mu/dt > 0$) или убывания скорости ($V_\alpha = d\alpha/dt < 0$, $V_\mu = d\mu/dt < 0$). В случае когда $\alpha > \mu$, это значит, что развитие экономической системы происходит в большей степени за счет большего отвлечения ресурса от старой комбинации в пользу новой, чем за счет открытия (создания) нового ресурса, что характеризует параметр $\mu(t)$. Для указанного режима развития одновременное возрастание скоростей приводит к резкому доминированию новой комбинации, обе комбинации ра-

стут. При одновременном убывании скоростей вначале доминирует новая комбинация, затем с некоторого времени инициатива переходит к старой комбинации. При асинхронном изменении скоростей (α — возрастает, μ — убывает, либо α — убывает, μ — возрастает) $I_n > I_s$, развитие происходит за счет новой комбинации, возникновение которой обеспечивается в большей степени отвлечением ресурса от старой комбинации. Однако, как видим из рисунков, старая комбинация также растет. Этот вывод, имеющий принципиальное значение, подтверждает тезис о том, что комбинаторный характер информационного и технологического развития обеспечивает условие, согласно которому старая комбинация при появлении новой комбинации также видоизменяется, совершенствуется, иногда кардинально¹.

Таким образом, следует уверенно заявить, что режим отвлечения ресурса при данной эффективности этого процесса обеспечит развитие новых комбинаций а за счет этого — и старых комбинаций в экономике.

Если имеется режим, когда $\alpha < \mu$, то развитие должно происходить за счет открытия ресурса либо создания нового ресурса, но не за счет перераспределения ресурса, то есть отвлечения от старых комбинаций. Речь идет о преобладании одного процесса над другим в условиях, когда наблюдаются оба процесса.

Тогда при убывающей скорости по старой комбинации и возрастающей по новой комбинации доминирует в развитии старая комбинация по отношению к новой, хотя обе обнаруживают рост. Однако при возрастании двух скоростей, когда скорость появления нового ресурса выше скорости заимствования, на начальном этапе превосходство обеспечивает

¹ Наличие принципа комбинаторного наращивания существенно меняет трактовку принципа «созидательного разрушения» [4].

старая комбинация ($I_s > I_n$), затем эта ситуация изменяется, когда доминирует в развитии новая комбинация ($I_n > I_s$).

При убывании скоростей сначала новая комбинация превосходит старую комбинацию, но затем старая комбинация устойчиво превосходит новую. Следовательно, изменение скорости старой комбинации (заимствования ресурса) становится лимитирующим для развития новой комбинации. При снижении скорости заимствования, даже в условиях численного превосходства скорости создания нового ресурса, старая комбинация сохраняет свое доминирующее влияние относительно новой комбинации. Только там, где α и μ возрастают, с течением времени устанавливается режим превосходства новой комбинаций над старой при режиме $\alpha < \mu$. Только при большом разрыве между α и μ , в пользу μ , когда $\alpha < \mu$, наблюдается превосходство новой комбинации $I_n > I_s$ в рамках этого режима развития (соотношения скоростей).

При превосходстве скорости заимствования (исчерпания) над скоростью создания нового ресурса новая комбинация преобладает над старой, поскольку исчерпываются возможности старой комбинации, но величина преобладания разная и определяется возрастанием (убыванием) скоростей, которые могут изме-

няться асинхронно (одна скорость возрастает, другая убывает), либо синхронно — обе скорости изменяются в одном направлении, возрастают либо убывают. Однако при убывании двух скоростей возможен режим, когда старая комбинация преобладает над новой комбинацией при росте данных элементов экономической системы. Общий результат определяется соотношением скоростей и законами их убывания. Рост старой и новой комбинации в этом случае может отличаться незначительно (рис. 9, слева).

Безусловно, скорости изменения ресурсов в сильной степени детерминированы действующими институтами. Поэтому они являются своеобразными институциональными параметрами экономической системы. В каждой экономике они свои и изменяются по индивидуальным законам, которые необходимо установить. Вместе с тем, нужно заметить, что проведенный анализ, при всей его условности, применим не только на уровне реальных объектов, использующих те или иные ресурсы и инновации, но и к области информации, как общей, так и релевантной, поскольку эффект старой и новой комбинации свойственен и для информации (знаний), причем старая информация также может быть использована и заимствована для формирования новой комбинации.

Список источников

1. Лукас Р. Лекции по экономическому росту. — М.: Издательство института Е. Т. Гайдара, 2013. — 288 с.
2. Сухарев О. С. Эволюционная экономика. — М.: Финансы и статистика, 2012. — 800 с.
3. Сухарев О. С. Экономический рост, институты и технологии. — М.: Финансы и статистика, 2014. — 464 с.
4. Сухарев О. С. Элементарное математическое описание кризиса и роста в рамках теории цикла // Журнал экономической теории. — 2013. — №1.
5. Тобин Дж. Денежная политика и экономический рост. — М.: Издательский дом «Либроком», 2010. — 272 с.
6. Харрод Р. Теория экономической динамики. — М.: ЦЭМИ РАН, 2008 — 210 с.
7. Хэллман Э. Загадка экономического роста. — М.: Издательство института Е. Т. Гайдара, 2012 — 240 с.
8. Hansen A. Business Cycles and National Income. — New York: Norton, 1964. — 784 p.
9. Harrod R. Towards a Dynamic Economics. Some Recent Developments of Economic Theory and Their Application to Policy. — London: MacMillan, 1948. — 184 p.
10. Hicks J. The Mainspring of Economic Growth // Nobel Lectures, Economics 1969-1980 / Editor Assar Lindbeck. — Singapore : World Scientific Publishing Co., 1992.
11. Kuznets S. Modern Economic Growth—New Haven. — Yale University Press, 1966. — 529 p.
12. Lucas R. Methods and Problems in Business Cycle Theory // Journal of Money, Credit and Banking. — 1980. — No 12 (4). (Part 2: Rational Expectations). — P. 696-715.
13. Lucas R. Studies in Business-Cycle Theory. — MIT Press, 1981.
14. Schumpeter J. Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis. — New York and London: McGraw-Hill Book Company Inc., 1964.
15. Schumpeter J. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and Business Cycle / Tr. By R. Opie. — New York: Oxford University Press, 1969.
16. Solow R. Perspectives of the theory of growth // Journal of Economic Perspectives — Winter. — 1994. — Vol. 8. — No1. — P. 45-54.
17. Solow R. M. The last 50 years in growth theory and the next 10 // Oxford Review of Economic Policy. — 2007. — Vol. 23 (1). — P. 3-14.

УДК 330.101

Ключевые слова: экономический рост, моделирование, структура, технология, новые и старые комбинации