

**СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА:  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ**

**Аннотация.** 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. Ввести структурные параметры 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 неё своего ресурса. Модельное оформление ресурса осуществляется через представление об инвестициях в новые и старые комбинации.

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

**STRUCTURAL MODELING OF ECONOMIC GROWTH:  
TECHNOLOGICAL CHANGE**

**Abstract.** Neoclassical and Keynesian theory of economic growth suggest the use of modified Cobb-Douglas functions and other aggregate econometric approaches to modeling the growth dynamics. Explanations of economic growth in this case attached to the logic used in mathematical relationships, often consisting of a priori ideas about

changing the aggregated values and changing factors. The idea of evaluation factor productivity is a fundamentally in the framework of modern theories of economic growth. However, the structural parameters of the economic system, institutions, and technological changes, although the latter are reflected in the changing parameters of the production function, however, is practically not taken into account in the framework of known approaches. At the same time, the ratio of structural elements on the one hand determines the future value of TFP, on the other hand, strongly affects the rate of economic growth and its mode of innovation dynamics. Enter the structural parameters of the economic system in a model of growth with the possibility of evaluation of such regimes in terms of interaction of new and old combinations represented a significant step in the development of the theory of economic growth / development. This allows you to create policies to stimulate economic growth on the basis of structural relations and connections identified for the economic system. Most convenient for capturing such models use logistic functions, representing the change of the resource for the old and new combinations in the framework of the economic system. Result of the development of the economy depends on the initial conditions, as well as institutional settings change speeds borrowing resources in favor of the creation of new combinations and under it the resource. Model design resource is carried out through the idea of investing in a combination of new and old.

**Keywords:** economic growth, modeling, structure, technology, old and new combinations

## **Введение**

В 1966 году С. Кузнец утверждал: «Можно сказать, что со второй половины XIX века самым важным источником экономического роста в развитых странах определённо становятся основанные на науке технологии – в числе прочих в электроэнергетике, производстве двигателей внутреннего сгорания, производстве электронного оборудования, ядерных технологиях, биотехнологиях» [11, p.10]. Как видим, не случайна оговорка на счёт 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 роста. Скорее всего, это одно из условий, да и то не всегда ясно, как «сработает» это условие. Однако, чтобы обеспечить экономический рост, представить его в виде некой, хотелось бы, несложной модели, необходимо искать причины, обосновывающие 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 предшествующим этапам, 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 сопряжён с темпом институциональных 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 технологий<sup>1</sup>.

Одно из простейших решений по моделированию экономического роста, которое используется в целом ряде кейнсианских и неоклассических моделей роста, начиная от модели Р.Харрода до Р. Солоу и Р.Лукаса (последние используют аппарата видоизменённых производственных функций, детализирующих влияние факторов и только) может быть представлено следующим образом [1, 5-7, 9-10, 12-15]. Пусть в некий момент времени  $t_1$  создаваемый продукт (доход)  $Y_1$ , причём он создаётся за счёт 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 важная компонента ВВП), но будут осуществляться за счёт нормы инвестирования  $a_2$ , то есть  $I_2 = a_2 Y_2(t) + H(t)$ , где  $H(t) = h Y_1(t)$  – 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 плюс привлечение капитала извне. Это уже не просто модель Р.Харрода, а некая её структурная модификация, хотя сам темп роста задаётся очень похоже на модель 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 бы учитывала структурные особенности развития экономической системы. Особо уделим внимание 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, создаёт 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 её можно осуществить, представив экономику, состоящую из двух секторов: обрабатывающего и услуг,

---

<sup>1</sup> Следовательно, нужна теория, объясняющая происхождение и развитие технологий. Хэллман Э., в частности, также отмечает отсутствие такой теории. [7]

промышленности и сельского хозяйства, государственного и частного секторов, отстающих и передовых регионов, либо секторов экономики, или отдельной её части, например промышленности и т.д. Схема в виде дихотомии всегда может быть усложнена за счёт введения в рассмотрение третьего, четвёртого 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 счёт отвлечения ресурсов от  $x_1$  с некоторой долей  $\alpha(t)$ , изменяющейся во времени. и посредством создания новых возможностей (ресурсов, технологий). измеряемых как долях от  $x_2$ , по параметру  $\beta(t)$ . Иными словами  $x_2$  равно ресурсам, заимствуемым за счёт ослабление  $x_1$ , плюс ресурс создаваемый. В качестве ресурса может рассматриваться и технология. Общий продукт такой экономической системы  $y = x_1 + x_2$ . Тогда, возможно записать [2]:

$$x_2 = \alpha x_1 + \beta x_2$$

$$y = x_1 \left[ 1 + \frac{\alpha}{1 - \beta} \right]$$

$$k = \frac{x_2}{x_1} \rightarrow \max$$

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 счёт прежних комбинаций, то есть, за счёт  $x_1$ , тогда  $\beta=0$ ,  $\alpha=1$ , во-вторых, когда комбинация  $x_2$  возникает только за счёт открытия нового ресурса и не задействует возможности  $x_1$ , тогда  $\alpha=0$ ,  $\beta \rightarrow 1$  (в математическом смысле  $\beta \neq 1^2$ ), стремится к единице, в-третьих, наиболее правдоподобный вариант, когда частично новый ресурс создаётся, частично заимствуется ресурс  $y$  возможностей  $x_1$ , преобразуя их самих за счёт появления новых возможностей<sup>3</sup>. Исследование на экстремум  $k(t)$ , даёт 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:

<sup>2</sup> Хотя этот случай уже выступает ограничением, поскольку формально новая комбинация может появляться за счёт исключительно нового ресурса, без обращения к возможностям  $x_1$ .

<sup>3</sup> В этом состоит принципиальное отличие описания технологического развития, которое даётся у многих современных экономистов довольно усечённо, часто ориентируясь 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 (сопряжённость, замещение, дополнение технологий, свойства приспособления и др. играют очень важную роль).

$$k = \frac{x_2}{x_1} = \frac{\alpha}{1-\beta}$$

$$\frac{dk}{dt} = 0$$

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

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

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

При  $k > 1$ , имеем преобладание  $x_2$  надо  $x_1$ , 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  $g_y = dy/dt$ :

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

$$g_y = (1+k)v_{x_1} + kx_1 \left( \frac{v_\alpha}{\alpha} + \frac{v_\beta}{1-\beta} \right)$$

$$k = -\frac{v_\alpha}{v_\beta} n_{pu} \frac{dk}{dt} = 0$$

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

$$v_{x_1} = \frac{dx_1}{dt}$$

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:

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

либо

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

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

Из выражения для  $g_y^*$  - темпа роста в точке доминирования  $x_2$ , когда  $k(t)$  достигает максимума, можно записать аналогично, каким должна быть скорость комбинации  $x_1$ , чтобы доминирование  $x_2$  сопровождалось в этой точке спадом  $g_y^* < 0$ . Скорость роста жизненного стандарта в рамках введённой здесь модели будет определяться с положительным знаком скоростью  $x_1$ , скоростью структурных

изменений  $k(t)$ , темпом роста численности населения, который оказывает тормозящее влияние. Запишет выражение так:

$$v_g = \frac{dg}{dt} = \frac{1+k}{N} \frac{dx_1}{dt} + \frac{x_1}{N} \frac{dk}{dt} - \frac{1+k}{N^2} x_1 \frac{dN}{dt}$$

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  $k(t) = x_2/x_1 = z g N / (g_1 N) = Z g / g_1$ . 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 фактором формирования экономической структуры. Исследование факторов роста и факторов совокупной производительности отдельно, мало что даёт 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 не предсказуемы. На простейших моделях в своё время автору удалось показать, что, например, различные структуры могут дать одно и то же сочетание совокупного риска и дохода.

Таким же образом, 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 (рисунки 1-2, 3-4).

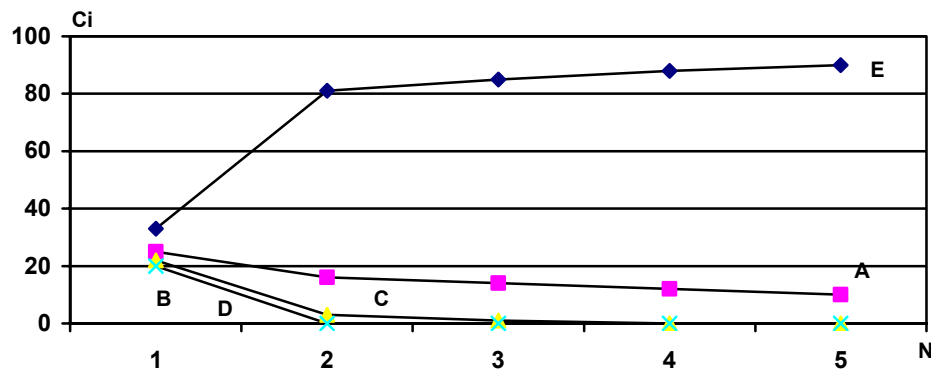


Рисунок 1 – Итерационное изменение экономической структуры (1-ый режим)

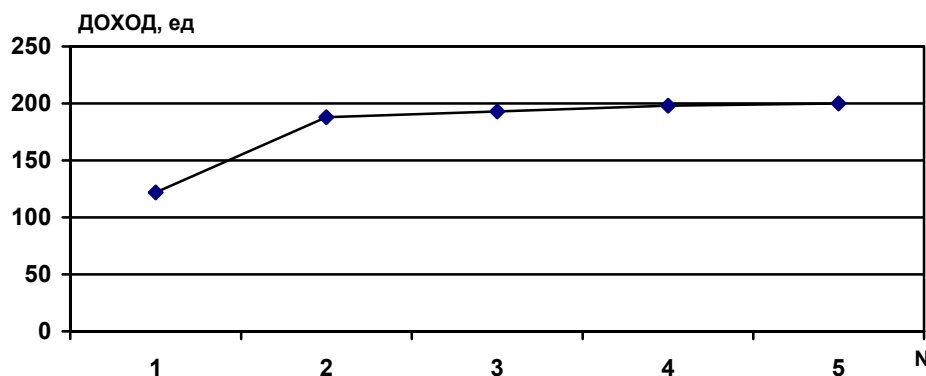


Рисунок 2 – Итерационное изменение дохода (1-ый режим)

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 не предусмотрена, которые бы снижали риски экономического роста. Поэтому структура упрощается, отдельные виды деятельности, которые не вносят вклада 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, также резко увеличивается доход (максимальный рост по темпу и величине), на последующих этапах (итерациях) идёт подстройка сложившейся структуры – виды деятельности, или элементы системы A и C сокращаются, причём C до нуля на от 3 к 4-ой итерации и на 5-ой итерации остаётся структура из двух подсистем - A и E. Доход растут 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 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 рост<sup>4</sup>. 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 остаётся неизменной на последнем участке (итерации 4-5).

На рисунках 3-4 отражена ситуация, когда совокупный доход системы и риск развития снижается. Можно интерпретировать её 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 идёт снижение дохода (спад), а структура изменяется существенно – изменяются приоритеты по элементам системы – позиции А и Е, и D становится в большем приоритете, чем Е/ Доход на 4-5 итерации стабилизируется.

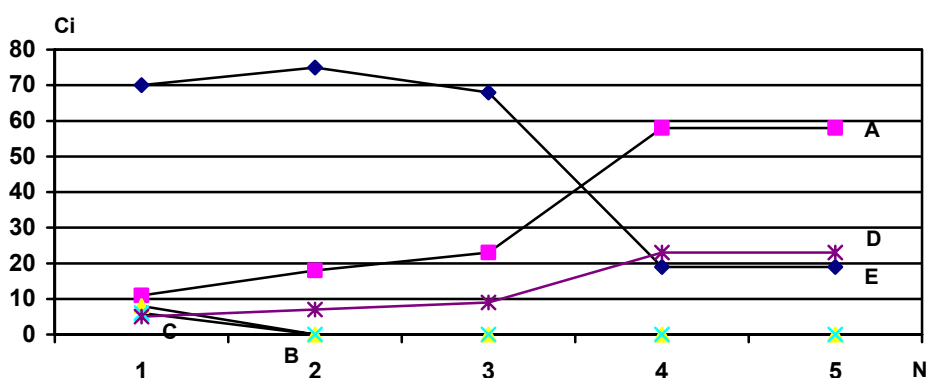


Рисунок 3 – Итерационное изменение экономической структуры ( 2-ой режим)

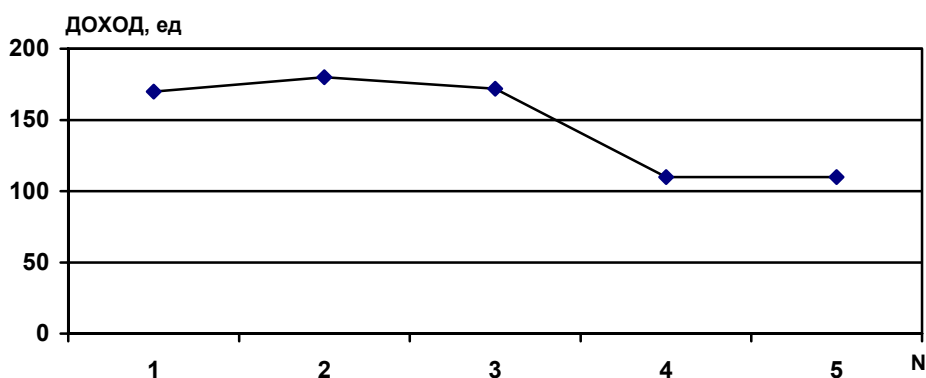


Рисунок 4 – Итерационное изменение дохода (2-ой режим)

На рисунке 5 представлена ситуация, когда система растёт, 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.

<sup>4</sup> К тому же если учесть ограничения на процесс итерационного развития, то подобны исход будет тем более ярким.



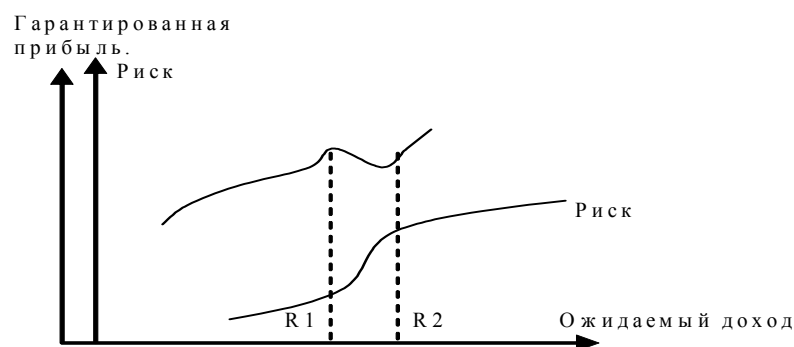


Рисунок 5 – Экономическая структура. гарантированная прибыль и риск (ожидаемый доход  $R_1=160$  ед. обеспечивается тремя видами деятельности A,D,E, при  $R > R_1$  и  $R_2 = 180$  ед. к этим трём добавляются ещё два вида – B,C)

Это связано, видимо, с тем, что действуют факторы неравномерного возрастания риска, что может снизить прибыль. Точки  $R_1$  и  $R_2$  отвечает условным 160 и 180 единицам ожидаемого дохода. При  $R > R_1$  структура экономики усложняется, появляются ещё 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 счёт диверсификации.

Тем самым, можно озвучить следующую идею: за счёт институтов как социальных демпферов экономического роста, этот рост приобретает свойства устойчивости, причём 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 роста, 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, прежде всего, являются, помимо исходных знаний и информации, капитальных активов, собственно капитальные вложения, то есть, инвестиции в создание капитальных благ, включая фундаментальные исследования [2, 16-17]. Неравномерность технологического роста связана отнюдь не с наличием неких пауз в инновациях, которые

отсутствуют в силу специфики инженерного труда<sup>5</sup>, а с тем, что скорость изменений 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 её действия, и который принесёт новая технология на следующем интервале. Правильнее было бы сопоставить этот доход или прибыль по новой технологии с тем доходом/прибылью от старой технологии, если бы она продолжила функционирование на дальнейшем интервале времени, когда вводится новая технология. 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 и сравнивает 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 постоной 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, по институциональным аспектам, а также в силу действия финансовой логики и надежд, что всё-таки требуется подождать для получения наиболее эффективных результатов. Полагать, будто в долгосрочном периоде только базисные инновации обеспечивают скачѐк в производительности факторов экономического роста, а улучшающие инновации на это не способны, является довольно ограниченным представлением, не связанным с сутью инженерных процессов, развитием техники, подчиняющейся кумулятивному эффекту, который сам по себе становится базисной инновацией по отдельным направлениям технологического развития (за счѐт нового качества научно-технических результатов).

Представим «инвестиционный принцип» переключения технологий, то есть правило принятия решения при переходе от старой технологии к новой технологии. Для этого обозначим  $I_1$  и  $I_2$  инвестиции в старую и новую технологии. Все события происходят на интервале времени  $[0, T]$ , причѐм возможный переход/переключение со старой технологии на новую технологию

---

<sup>5</sup> Между эпохальными инновациями по Й. Шумпетеру [16-17] имеется промежуток времени, они не являются постоянными, их появление дискретно, а вот между улучшающими инновациями, 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 всё реже и фактически их влияние будет замещено лавинообразно нарастающими улучшающими и дополняющими инновациями. В этом будет состоять новая модель технологического и экономического роста, хотя вероятность эпохального прорыва исключать также близоруко.

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  $y_s, y_n, p_s, p_n$ , получим<sup>6</sup>:

$$y_s = aI_1^\beta D_{[0,t_1]}(r)$$

$$p_s = aI_1^\beta D_{[0,t_1]}(r) - I_1$$

$$y_n = bI_2^\gamma D_{[t_1,T]}(r)$$

$$p_n = bI_2^\gamma D_{[t_1,T]}(r) - I_2$$

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:

$$y_s = aI_1^\beta D_{[0,T]}(r)$$

$$p_s = aI_1^\beta D_{[0,T]}(r) - I_1$$

Для новой технологии тогда можем записать и так:

$$y_n = bI_2^\gamma D_{T-t_1}(r)$$

$$p_n = bI_2^\gamma D_{T-t_1}(r) - I_2$$

Важно отметить, что коэффициенты  $a$  и  $b$  - это параметры, отражающие технологический уровень, а показатели степени  $\beta, \gamma$  - масштаб производства, который в общем случае для старой и новой технологии не могут совпадать, особенно на довольно длительном интервале времени. Масштаб производства не изменяется, как известно, только на коротком интервале. Поэтому в формуле можно считать  $\beta = \gamma$  только для относительно короткого интервала времени. Фактически, если задавать доход как  $y = a I^\beta$ , то коэффициент  $\beta$  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-Дуглоаса. Дело в том, что функция Кобба-Дуглоаса при увеличении интервала времени должна предполагать изменением 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:

<sup>6</sup> 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:  $D(r) = \sum_{\alpha=1}^t \frac{1}{(1+r)^\alpha}$ .

Соответственно, у нас  $t$  - это для старой технологии  $t_1$ , для новой технологии -  $T$ .

$$\frac{dp_s}{dI_1} = 0,$$

$$\frac{dp_n}{dI_2} = 0$$

Откуда следует следующее решение, какие нужны инвестиции, чтобы прибыль от эксплуатации технологии была максимальной, при соответствующих ограничениях на изменение функции прибыли<sup>7</sup>:

$$I_1 = [a\beta D_{[0,T]}(r)]^{\frac{1}{1-\beta}}$$

$$I_2 = [b\gamma D_{[t1,T]}(r)]^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

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-t1) тогда, получим:

$$y_{s[T-t1]} \leq y_{n[T-t1]}$$

$$\frac{a}{b} \leq \frac{I_2^\gamma D_{[t1,T]}(r)}{I_1^\beta D_{[0,T]}(r)}$$

$$\frac{a^{\frac{1}{1-\beta}}}{b^{\frac{1}{1-\gamma}}} \leq \frac{\gamma^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} [D_{T-t1}]^{\frac{1}{1-\gamma}}}{\beta^{\frac{\beta}{1-\beta}} [D_T]^{\frac{1}{1-\beta}}}$$

Если в очень натянутом случае считать, что  $\beta=\gamma$ , тогда критерий запишется довольно просто:

$$\frac{a}{b} \leq \frac{D_{T-t1}}{D_T}$$

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 сильной степени зависит от процента и никак не зависит от масштаба производства по старой и новой технологии. Коэффициент отдачи, или уровень технологии должен быть  $b > a D_T / D_{T-t1}$  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:

$$aI_1^\beta D_{T-t1}(r) - I_1 \leq bI_2^\gamma D_{T-t1}(r) - I_2$$

Подставляя оптимальную величину инвестиций для одной и другой технологии, можно получить условие для  $a/b$ , которое должно быть меньше или

<sup>7</sup> Известное условие по первой производной функции или вторая производная должна быть меньше нуля.

равно некоей величины справа в неравенстве. Проведя необходимые выкладки, получим:

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

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

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

Хотелось бы отметить, что по большему 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 счёт структурной 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 счёт создания нового ресурса под новую комбинацию. Только так она может «укорениться» в экономике. Введя 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  $\alpha$  – долю отвлечения ресурса от прежних технологий в пользу новых,  $\mu$  – 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, принимая во внимание, 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  $\alpha I_s$ :

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

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

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

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

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

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

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 носит 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. Тем самым 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

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

Считая для упрощения, что  $\alpha$  и  $\mu$  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 за счет исключительно ресурса старых комбинаций, то  $R_1 = I_s$ ,  $R_2 = 0$ ,  $I_n = I_s$ ,  $\mu = 0$ .

Когда ресурс, которым располагает возникающая комбинация меньше потребного 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 потребным ресурсом на развитие новых комбинаций и оценку 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:

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

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

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

Решением уравнения (\*) в предположении неизменных скоростей заимствования и создания новых инвестиций (ресурса)  $\alpha$  и  $\beta$ , для  $I_s(t)$  в начальной точке  $I_s(0)=I_0$  будет следующее выражение<sup>8</sup>:

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

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

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

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 истощения ресурса.

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

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

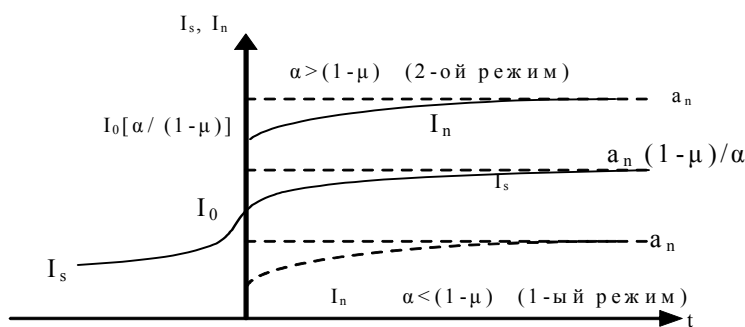


Рисунок 6. – Развитие старой и новой комбинации в экономике

Конечно, заимствование ресурса может быть подчинено стратегии создания новой технологии и нового ресурса. Однако, приведенный условный график подтверждает, что 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 доли в ВВП может превышать возможности (вклад) старой комбинации. Однако, вероятно развитие, когда такого превышения не наблюдается и график новой комбинации

<sup>8</sup> Я благодарен д-ру ф-м н, профессору И.А.Рудакову за консультацию по поводу этого решения и использования логистических соотношений в экономическом анализе.



проходит ниже графика старой комбинации. Другое дело, если новая комбинация возникает, когда старая уже достигла насыщения или находится на определённом уровне развития, скажем, при  $t > t_0$ . Тогда нужно получить смещённое решение, когда при  $t = t_0$ ,  $I_n = I_1$ , а не при  $t = 0$ ,  $I_n = I_0 \alpha / (1 - \mu)$ . Причём  $I_0$  это некоторый объём ресурса старой комбинации в момент  $t = 0$ . Величина  $I_1$  соответствует ресурсу зарождения новой комбинации  $I_n$ , то есть это ресурс, необходимый, чтобы в момент  $t_0$ , появилась новая комбинация. Этот момент времени можно определить из формулы для новой комбинации  $I_n$ , а именно:

$$\frac{a_n}{1 + b e^{-a_n k_n t_0}} = I_1 \text{ откуда } t_0 = \frac{\ln\left[\frac{1 - \mu}{\alpha} \frac{a_n}{I_0} - 1\right] - \ln\left[\frac{a_n}{I_1} - 1\right]}{a_n k_n}$$

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 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 счёт перераспределения ресурсов от одних комбинаций к другим комбинациями, хотя этот процесс, отъёма 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, причём сплошная линия на графиках отвечает –  $I_s$ ,  $\alpha(t)$ , штриховая линия –  $I_n$ ,  $\mu(t)$ .

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

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

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.

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

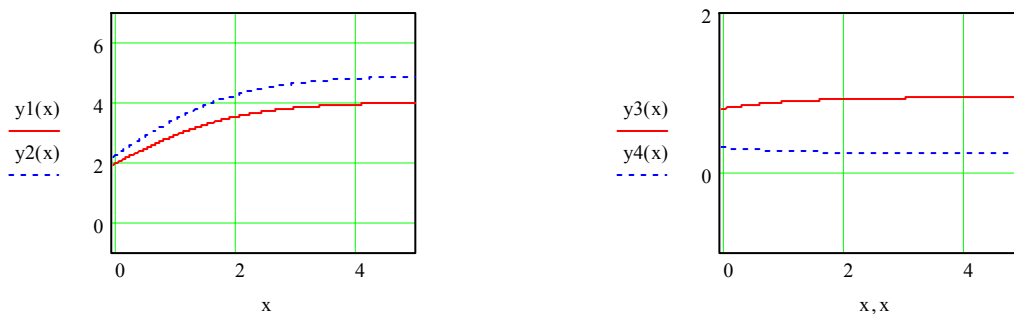


Рисунок 7 – Рост подсистем экономики при монотонном изменении скоростей, когда  $\alpha(t)$  возрастает,  $\mu(t)$  убывает

Как видим из рисунка 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 (рисунок 7, слева).

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

Тогда, получим:

$$2) \alpha(t) = 0,8 + 0,1 \arctg(x), \quad \mu(t) = 0,3 + 0,05 \arctg(x) \text{ - монотонно возрастают}$$

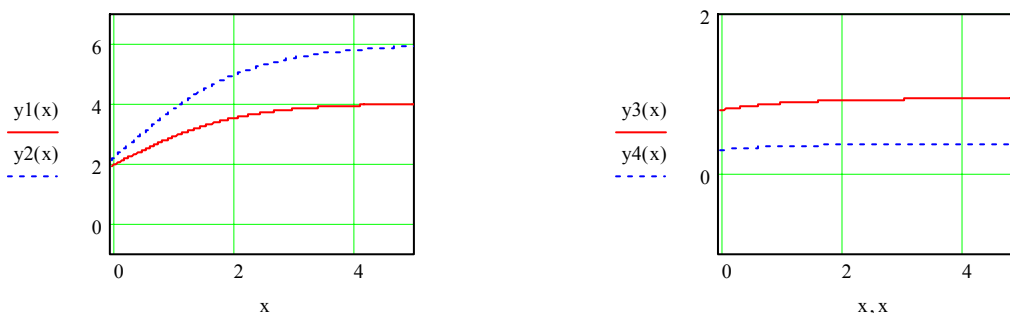


Рисунок 8. Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при монотонно возрастающих скоростях (отвлечения и создания) использования ресурсов

$$3) \alpha(t) = 0,8 - 0,1 \arctg(x), \quad \mu(t) = 0,3 - 0,05 \arctg(x) \text{ - монотонно убывают}$$

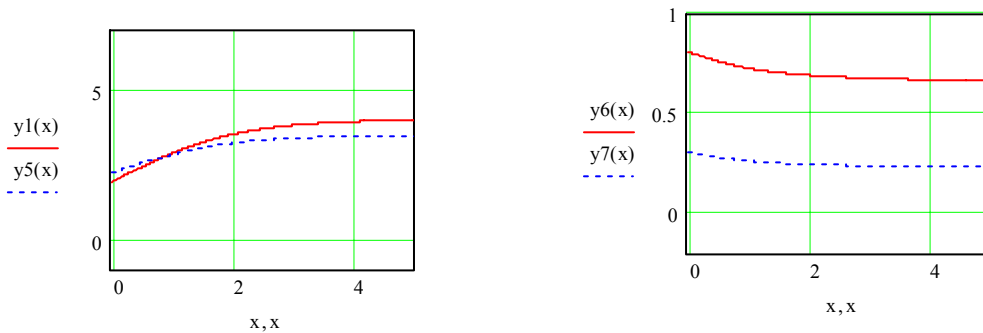


Рисунок 9- Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при монотонно убывающих скоростях (отвлечения и создания) использования ресурсов

Как видим из рисунков 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 комбинации, 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 близко проходит относительно линии старой комбинации (сплошная линия).

При монотонном убывании скоростей (см.рисунок 9), режим развития экономической системы становится такой, что на начальном этапе «новая» комбинации опережает в развитии «старую», её вклад в рост системы больше, однако, затем старая комбинация доминирует относительно новой в обеспечении развития (роста) системы (рисунок 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 (рисунок 10).

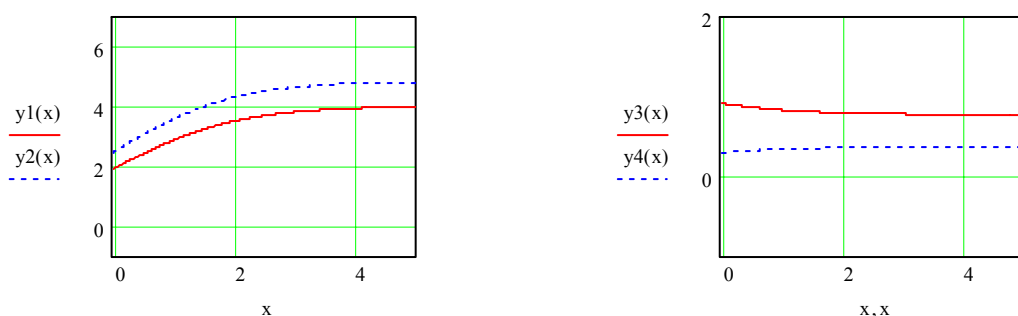


Рисунок 10 - Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при убывании  $\alpha(t)$  и возрастании  $\mu(t)$

Как видим, из рисунка 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. Тем самым, как и в примере (4), скорость по старой комбинации убывает, по новой возрастает, однако соотношение скоростей иное (см. рисунок 11 справа).

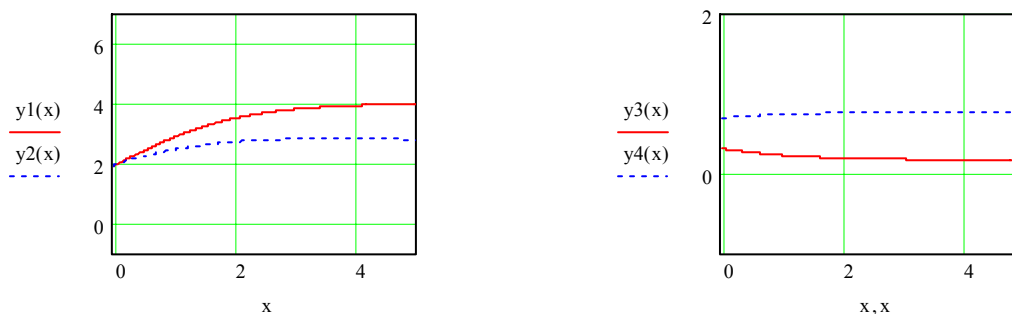


Рисунок 11 - Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при убывании  $\alpha(t)$  и возрастании  $\mu(t)$ , когда  $\mu(t) > \alpha(t)$

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

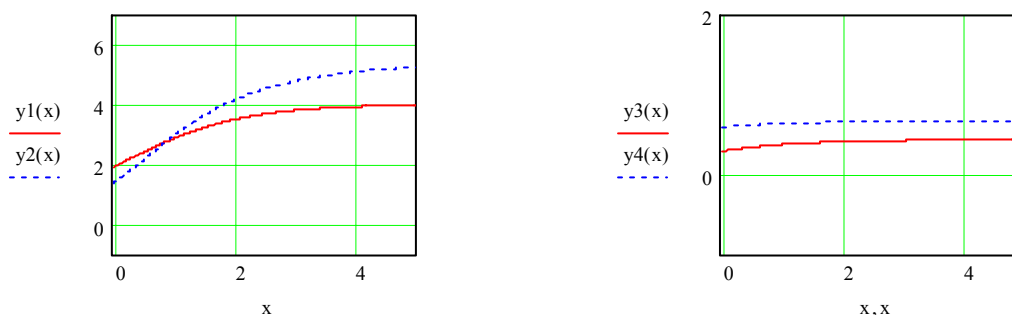


Рисунок 12 - Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при возрастании  $\alpha(t)$  и  $\mu(t)$ , когда  $\mu(t) > \alpha(t)$

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 счёт зародившейся новой комбинации, но затем, старая комбинация перехватывает инициативу и оказывает доминирующее воздействие на развитие системы (рисунок 13 слева).

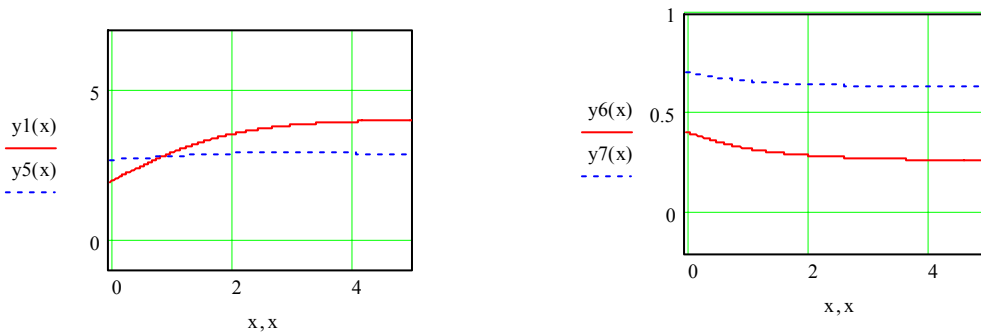


Рисунок 13 - Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при убывании  $\alpha(t)$  и  $\mu(t)$ , когда  $\mu(t) > \alpha(t)$

Таким образом, при возрастании скоростей, если скорость новой комбинации выше, чем скорость по старой комбинации, развитие будет происходить за счёт новой комбинации, оказывающей более сильное влияние. Однако, при снижении скоростей, когда скорость по новой комбинации превосходит скорость по старой комбинации, наоборот, развитие осуществляется за счёт старой комбинации.

Возможен сценарий, когда при убывании скорости по старой комбинации возрастании по новой, будет наблюдаться развитие за счёт новой комбинации (рисунок 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.

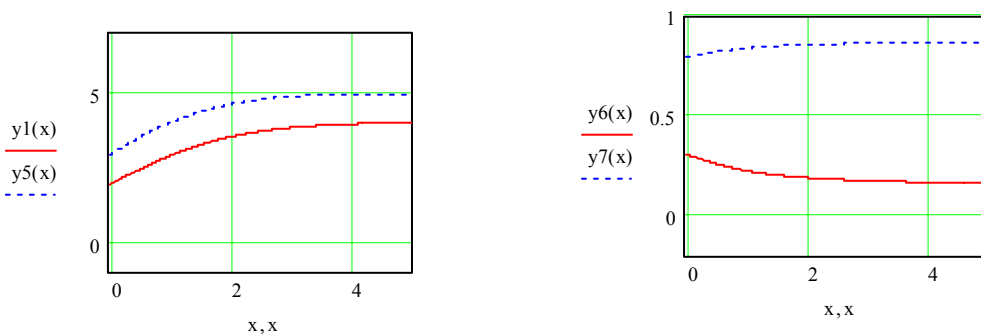


Рисунок 14 - Рост подсистем экономики (старой и новой комбинации) при убывании  $\alpha(t)$  и возрастании  $\mu(t)$ , когда  $\mu(t) > \alpha(t)$

Такой 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  $\mu(t) > \alpha(t)$  (рисунок 14 справа)

Таким образом, имеется несколько режимов развития (условий, детерминированных институтами, технологиями, действующими факторами производства), при которых доминирует 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, большую часть периода наблюдения, наоборот, одна из комбинаций занимает преобладающее положение. Общий итог определяется законом изменения скоростей и их соотношением, а также знаком изменения – возрастание ( $V_\alpha = d\alpha/dt > 0$ ,  $V_\mu = d\mu/dt > 0$ ) или убывание 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 за счёт большего отвлечение ресурса от старой комбинации в пользу новой, нежели за счёт открытия/создания нового ресурса, что характеризует параметр -  $\mu(t)$ . Для указанного режима развития, одновременное возрастание скоростей приводит к резкому доминированию новой комбинации, обе комбинации растут. При одновременном убывании скоростей вначале доминирует новая комбинация, затем с некоторого времени инициатива переход к старой комбинации. При асинхронном изменении скоростей ( $\alpha$  – возрастает,  $\mu$  – убывает, либо  $\alpha$  – убывает,  $\mu$  – возрастает )  $I_n > I_s$  , развитие происходит за счёт новой комбинации, возникновение которой обеспечивается в большей степени отвлечением ресурса от старой комбинации. Однако, как видим из рисунков, старая комбинация также растёт. Это вывод, который имеет принципиальное значение, подтверждающий тезис о том, что комбинаторный характер информационного и технологического развития, обеспечивает условие, согласно которому старая комбинация при появлении новой комбинации, также видоизменяется, совершенствуется, иногда кардинально<sup>9</sup>.

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

Если имеется режим, когда  $\alpha < \mu$ , то развитие должно происходить за счёт открытия ресурса, либо создания нового ресурса, но не за счёт перераспределения ресурса, то есть отвлечения от старых комбинаций. Речь идёт 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 комбинации, хотя обе обнаруживают рост. Однако, при возрастании двух скоростей, когда скорость появления нового ресурса выше скорости заимствования, на начальном этапе превосходство обеспечивает 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 комбинацию. 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 своё доминирующее влияние относительно новой комбинации. Только там, где  $\alpha$  и  $\mu$  возрастают, с течением времени устанавливается режим превосходства новой комбинаций над старой комбинацией при режиме  $\alpha < \mu$ . Только при большом разрыве между  $\alpha$  и  $\mu$ , в пользу  $\mu$ , 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 преобладает новая комбинация над старой комбинацией,

---

<sup>9</sup> Данное обстоятельство, наличие принципа комбинаторного наращения, существенно меняет трактовку принципа «созидательного разрушения». [4]

поскольку исчерпываются возможности старой комбинации, но величина преобладания разная и определяется возрастанием/убыванием скоростей, которые могут изменяться 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 ( рисунок 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 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), причём старая информация также может быть использована и заимствована для формирования новой комбинации.

### Литература

1. Лукас Р. Лекции по экономическому росту. – М.: Издательство института Е.Т. Гайдара, 2013 - 288 с.
2. Сухарев О.С. Экономический рост, институты и технологии - М.: Финансы и статистика, 2014. – 464 с.
3. Сухарев О.С. Эволюционная экономика. – М.: Финансы и статистика, 2012. – 800 с.
4. Сухарев О.С. Элементарное математическое описание кризиса и роста в рамках теории цикла // ЖЭТ, 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. Хэлпман 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, World Scientific Publishing Co., Singapore, 1992.
11. Kuznets S. Modern Economic Growth–New Haven: Yale University Press, 1966.-529 p.
12. Lucas R. Studies in Business-Cycle Theory. — MIT Press, 1981.
13. Lucas R. Methods and Problems in Business Cycle Theory. - Journal of Money, Credit and Banking 12 (4, Part 2: Rational Expectations), 1980. – 696-715 pp.
14. Solow R. Perspectives of the theory of growth// Journal of Economic Perspectives – Winter, 1994.- vol 8, №1. – p. 45-54.
15. Solow, R. M. The last 50 years in growth theory and the next 10. // Oxford Review of Economic Policy, 2007. - vol. 23 (1), pp. 3–14
16. Schumpeter J. Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis. – New York and London: McGraw-Hill Book Company Inc., 1964.
17. 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.