

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ И РОЛИ ОТДЕЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИННОВАЦИОННОЙ ДИНАМИКИ В МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

МАТРИЗАЕВ Бахадыр Джуманиязович, к.э.н., matrizaev@mail.ru,
доцент департамента «Экономической теории», Финансовый универ-
ситет при Правительстве РФ, Москва, Россия
Scopus Author ID: 57211179110; ORCID: 0000-0002-6270-9002

В данной статье автором предпринята попытка исследовать модель полуэндогенного роста, чтобы показать, что природа инноваций сама по себе может порождать экономические циклы. Главной целью статьи является исследование авторского методологического подхода, способного охватить и достаточно раскрыть связь между инновациями и циклами, с описанием жизненного цикла технологии. Научная новизна данной статьи заключается в методологическом подходе, который дает новое представление об инновационных циклах, касающихся влияния и роли некоторых особенностей инновационной динамики, а также макроэкономической динамической модели экономического роста, возникающей в результате инновационной деятельности, которая имеет более сложную структуру, чем обычно его могут объяснить неоклассические модели экономического роста.

Ключевые слова: экономический рост, инновационная динамика, эффективность, методология, модель, экономические циклы

DOI: 10.47711/2076-3182-2023-1-31-54

Ведение. Поиск достаточного объяснения процессу экономического роста является постоянной задачей для всех поколений макроэкономистов. Действительно, экономический рост – это огромный раздел макроэкономики с различными направлениями исследований, отличающимися, например, экзогенные модели роста от эндогенных. Однако, при всех существующих различиях в моделях их практически объединяет то, что они ориентированы на долгосрочную перспективу. Следовательно, существует разрыв между теориями, пытающимися объяснить экономические колебания (деловой цикл), и теориями, фокусирующимися на долгосрочном экономическом росте.

В отдельных исследованиях экономические колебания, в отличие от экономического роста, рассматриваются негативно [1]. Таким образом, мотивации к изучению бизнес-циклов и изучению экономического роста совершенно различны. В то время как понимание первого мотивируется поиском необходимых рецептов для оздоровления экономики, стремление понять второе мотивируется конъюнктурными целями. Эта разница в мотивациях может быть одной из причин относительного разрыва между этими двумя областями макроэкономики. Теория реальных деловых циклов [2], являющаяся преобладающей экономической теорией и объясняющая экономические колебания, предлагает экзогенное объяснение возникновения факторов, вызывающих колебания, и только запаздывания во времени, связанные с негибкими ценовыми механизмами, ответственны за передачу экзогенных шоков в экономике [3]. Итак, хотя отдельные макроэкономисты [4] призывали объединить эти две области и несмотря на то, что модели теории реальных деловых циклов используют стохастическую неоклассическую модель роста, настоящего слияния этих двух направлений пока не произошло. С другой стороны, для макроэкономистов, придерживающихся модели системной динамики, неудивительно, что среднесрочный (деловой цикл) и долгосрочный (экономический рост) периоды взаимосвязаны. Модель длинных волн, например, способна образовывать различные циклы, влияющие друг на друга, в результате самоорганизации капитала в различных секторах экономики и присущих этим процессам запаздываний во времени в сочетании с ограниченной рациональностью [5]. Однако, чего не хватает в такой модели, так это учета процессов роста в экономике, как, например, вызванных инновационной деятельностью. Инновации, или инновационная активность, как объяснение процессов экономического роста, являются одним из направлений исследований, посвященной теориям эндогенного экономического роста [6–12]. Инновационная деятельность может проявляться во многих формах, таких как патентная активность, «инновационные лифты», обучение на практике или другие формы. Хотя инновации также можно рассматривать как процесс, специфичный для различных экономик или технологических систем и охватывающий множество участников [13], думается

можно использовать это определение и для теории, сочетающей экономические колебания и экономический рост. Инновации в этом контексте понимаются как технологии, повышающие производительность факторов производства, поэтому они не являются деятельностью, способной коренным образом изменить всю социально-экономическую систему, подобно новой «технично-экономической парадигме» в понимании К. Фримена и Ф. Луса [14].

Из-за присущих экономической системе запаздываний во времени (временных лагов) инновационная деятельность может вызывать циклическое поведение. Однако некоторые реакции системы могут сильно зависеть от структурных взаимосвязей, которые можно обнаружить внутри системы. В данной статье исследуется проблема, как альтернативные вариации могут привести к различным результатам и как запаздывания во времени в инновационном процессе приводят к экономическим колебаниям. Подход системной динамики зарекомендовал себя как оптимальный методологический подход для моделирования макроэкономических систем в целом [15–17] и экономического роста в частности [18–20] и позволяет тестировать различные структурные взаимосвязи и нелинейное поведение модели. Тестирование различных структурных взаимосвязей полезно, поскольку существуют существенные разногласия относительно точной структурной природы экономики, а различные эконометрические результаты указывают на существование различных режимов, которые не поддерживают универсальную экономическую теорию [21].

В этом смысле это создает проблему для эконометрического тестирования, поскольку может быть трудно определить «реальное» влияние инноваций на экономику. Причинно-следственная связь может оказаться размытой: нельзя просто приписать циклы инновационной деятельности, не имея какого-либо важного предположения об одном или нескольких структурных элементах. Следовательно, эффект может быть реальным, но было бы очень трудно обнаружить это на фактических данных или даже показать это для экономик, работающих в разных экономических режимах. Таким образом, цель данной статьи состоит в том, чтобы показать в рамках простой макроэкономической модели, как инновационный процесс может привести к полупроцентному росту, в то время как его структура запаздываний

во времени вызывает колебания в краткосрочной и среднесрочной перспективе. С другой стороны, характер колебаний зависит от вспомогательных гипотез о лежащей в основе экономической системе и не может быть обобщен. Исходя из поставленной цели и сформулированных задач структура данной статьи включает в себя краткий обзор теоретико-методологической основы данного вопроса, техническое описание представляемого авторского методологического подхода и модели, и эмпирические результаты моделирования. Статья завершается кратким изложением выводов и предложениями по дальнейшему исследованию.

Теоретические основы определения динамической эффективности экономического роста. Как было уже отмечено в начале данной статьи, инновации являются одной из основных движущих сил экономического роста [22–25], но конкуренция за внедрение нового товара или новой технологии, как правило, более жесткая, чем конкуренция за предельную полезность [37]. Учитывая это обстоятельство, фактор динамической эффективности становится гораздо более важным, чем статическая эффективность, которая обычно является основой для расчета оптимальности по Парето. Однако, как отмечается в отдельных исследованиях [26–27], инновация, как правило, носит характер общественного блага, если она не регулируется системой защиты прав интеллектуальной собственности. Следовательно, вопрос о том, как продвигать инновации, лежит глубже, чем вопрос эффективного распределения, поскольку необходимо понять степень компромисса между различными рыночными формами и вопросом о государственных субсидиях. Кроме того, защита интеллектуальной собственности также может рассматриваться как этическое решение [28]. Экономическая теория пока не дала однозначного ответа на вопрос о том, как можно защитить инновации таким образом, чтобы обойти проблему так называемых «безбилетников» [29]. При этом также трудно оценить влияние системы защиты прав интеллектуальной собственности в стандартных экономических моделях [30].

Еще одним аспектом этого феномена является то, что обе крайние формы рынка, монополия и совершенная конкуренция, не являются оптимальными для формирования инновационной активности [31]. С другой стороны, исходя из микроэкономической

теории, возможности патентной защиты используются не так широко, как можно было бы предположить. Согласно отдельным исследованиям [32], в то время как примерно половина продуктовых инноваций является запатентованной, только от четверти до трети технологических инноваций подпадают под действие патентного законодательства. Одна из трудностей, связанных с патентной защитой, заключается в присущих этому инструменту ограничениях: решение о защите может быть изменено только в зависимости от отдельных параметров. По мнению авторов отдельных исследований, на полезность патентной защиты нельзя ответить эмпирически из-за отсутствия реальных примеров [33], но можно наблюдать деятельность по поиску ренты в странах с ужесточенным патентным законодательством [34]. Теория экономического роста, с другой стороны, в значительной степени игнорирует эту тему.

Стандартным допущением в неоклассической модели экономического роста является допущение совершенной конкуренции, и даже модели монополистической конкуренции, которые использовались для анализа роста [35], не налагают на рынки тех же условий, которые существуют при защите прав интеллектуальной собственности. Таким образом, хотя с точки зрения рынка важно проводить дифференциацию, на практике это пока не было реализовано в моделях роста [36]. Однако, в ситуации намеренного отказа рассматривать вопрос о защите изобретателей от имитации [37], можно было бы вернуться к стандартным инструментам теории экономического роста. Теорию эндогенного роста можно определить двумя путями: либо темпы роста определяются равновесным решением модели, либо технический прогресс моделируется явно [38]. Используя это определение, можно сказать, что модель Харрода-Домара (или модель АК) была первой моделью эндогенного роста. Однако из-за постоянной отдачи капитала отклонения от оптимального пути роста приводят либо к взрывному росту, либо к экспоненциальному спаду [39].

В случае же попытки связать накопление факторов с техническим прогрессом, необходимо будет нарушить условия Инада. Это может быть сделано либо с помощью «эффекта спилловер», либо эффекта «экономии от масштаба». Одним из примеров действия «эффекта спилловер» является эффект «обучение на практике» [23].

Однако идея «обучения на практике» размывает точный механизм создания знаний, поскольку она не проводит адекватного различия между тем, что такое исследование, что такое обучение и что такое практика [2]. Еще одна идея заключается в проведении различия между физическим и человеческим капиталами [5]. Человеческий капитал может либо обесцениваться как физический капитал [7], либо оставаться, по крайней мере, постоянным, если не расти [1]. На практике это означает, что первый, «совокупный» основной капитал может быть определен как совокупность физического и человеческого капитала [4], с различными коэффициентами [5] и, возможно, с различным характером запаздываний во времени и сроками амортизации в моделях «time-to-build» [11]. Однако динамика времени создания инноваций существенно отличается между моделями с дискретным и непрерывным временем [6].

Между тем отметим, что в последнее время наблюдается всплеск исследований, пытающихся объяснить явления, связанные с экономическим ростом, с помощью нелинейной динамики. В отдельных исследованиях авторы объясняют это на примере эмпирической несостоятельности теории реального делового цикла [4]. Конечно, существует более широкая область исследований, связанная с гетерогенными агентными моделями, но, поскольку, в центре внимания данной статьи находится исследование динамики с макроэкономической точки зрения, отметим некоторые исследования, связанные именно с этим аспектом. Например, в своих исследованиях К. Хаттаф [40] рассматривает модель отложенного делового цикла с общей инвестиционной функцией, приводящей к колебаниям макроэкономической системы. Такое поведение известно со времен модели мультипликатора-акселератора Самуэльсона и может быть расширено до довольно общей формы. Далее, в своих исследованиях Л. Режни [41] использует модель системной динамики с экспоненциальным ростом общей факторной производительности для учета сдвигов между невозобновляемым и возобновляемым энергетическим капиталом, но в остальном используют стандартную модель роста Солоу. Кроме того, А. Кравец и М. Шидловски [4] в рамках модели роста Калдора-Калецки показывают, что временной лаг между принятием инвестиционного решения и предоставлением капитальных благ может привести к эффекту бифуркаций Хопфа

и что эндогенные циклы являются динамическими последствиями запаздываний во времени принятия решения.

В модели роста Калецки, рассматриваемых в своих исследованиях Р. Фрэнком [36], также запаздывание во времени реализации инвестиций является основным источником колебаний и оказывает негативное влияние на загрузку производственных мощностей. В своих исследованиях П. Зак [37] показывает, что производственные лаги Калецкого приводят к циклам в общем равновесии в модели оптимального роста. В своих исследованиях Ф. Габриэль [50] на основе модели роста Калдора демонстрирует получение разных темпов роста для модели двух стран с разными технологиями, где уровень загрузки производственных мощностей зависит от коэффициента эластичности доходов. М. Донаделли [39] вводит циклический компонент в стохастическую модель роста Солоу и тем самым пытается учесть особенности бизнес-циклов. Он приходит к выводу, что такой устойчивый рост подтверждается многолетними эмпирическими данными в США и что основное внимание должно быть сосредоточено на выявлении переменных, определяющих общую факторную производительность. Вместе с тем, в своих исследованиях Л. Гори [42] использует паутинную модель с дискретными временными лагами, чтобы показать, что для некоторых пороговых значений могут возникать колебания у двух групп производителей из-за отложенных корректировок производства. В то время как в отдельных исследованиях авторы с помощью паутинной модели могут объяснить циклическую динамику наивными или адаптивными ожиданиями [56], циклические колебания в этих моделях обычно образуются только с помощью применения микроэкономической теории отдельного продукта или отрасли.

Тем не менее, паутинные модели особенно полезны для объяснения циклических колебаний в производстве и иногда использовались также в макроэкономических условиях. Исследования в области моделей пересекающихся поколений указывают на то, что эти модели также способны генерировать регулярные или хаотические колебания. В частности, в своих исследованиях Р. Де Вилдер [2] демонстрирует, что, изменяя параметр функции полезности, можно получить эффект бифуркации Хопфа и сложное динамическое поведение. В свою очередь, в своих исследованиях

Ж.-М. Грандмонт [43] приводит оценку влияния замещения капитала рабочей силой на формирование эндогенных циклов. Далее, в своих исследованиях Г. Каззавиллан [1] отмечает, что государственная политика, направленная на стабилизацию деловых циклов может привести к динамично неэффективному устойчивому состоянию. Г. Зоргер [44] в своих исследованиях анализирует, как различные правила денежно-кредитной политики влияют на стабильность устойчивого состояния. Следует особо выделить исследования М. Оуян [45], в которых показывается, что расходы на исследования и разработки носят проциклический характер и что они асимметрично реагируют на шоки спроса. Ограничения ликвидности и совершенствование технологий, по-видимому, являются причинами наблюдаемой проциклическости НИОКР в США. В своих исследованиях М. Оуян [45] приходит к выводу, что будущие теоретико-методологические исследования должны быть сосредоточены на совокупном воздействии ограничений ликвидности, спроса и технологических потрясений на цикличность НИОКР. Однако в данной статье мы попытаемся применить метод доказательства от противного: цикличность НИОКР – это не результат, а возможная причина делового цикла. Безусловно, в своем исследовании в рамках данной статьи автор учитывает факторы, предложенные в исследованиях М. Оуян [45] и они играют определяющую роль в авторском методологическом подходе и модели, рассматриваемом далее в следующем разделе.

Методологическая характеристика оценки влияния и роли инновационной динамики в макроэкономических моделях экономического роста. Макроэкономическая модель, которая лежит в основе описываемого методологического подхода, представляет собой модель системной динамики. Данный авторский методологический подход не предусматривает использование системы учета потока запасов как это делали в своих исследованиях В. Годлей и М. Лавуа [46], поскольку центральная идея нашего исследования заключается не в потоке между различными агентами экономики, а в реакции экономики на изменения в производительности факторов производства в сочетании с временным лагом. Центральная идея нашей модели исходит из агрегированной производственной функции всей экономики [29], которая задается нижеследующим уравнением:

$$Y_{\text{ПП}} = A K^{\alpha} L^{1-\alpha} \quad (1)$$

Производственная функция состоит из двух переменных, обозначающих вводимые факторы – капитала K и рабочей силы L , коэффициента капитала α и переменной A , обозначающей технический прогресс. Эта функция позволяет определить производственный потенциал экономики $Y_{\text{ПП}}$. Технический прогресс в ранних моделях роста был экзогенным, и даже большинство эндогенных моделей роста не направлены на изменение A . В модели вводится технический прогресс, который зависит от доли инвестиций ϕI , которые направляются на инновационную деятельность. Инвестиции в инновационную деятельность, трактуемая нами здесь, – это любые инвестиции, которые непосредственно направляются не на воспроизводство устаревшего или приобретение нового капитала, а скорее инвестиции, направленные, например, на исследования и разработки, образование и т.д. Таким образом, в нашей модели технический прогресс становится запасом, как видно из уравнения (2). Это отличительная черта для класса моделей, исследующих взаимосвязь между производственными лагами и бизнес-циклами [14]. В то время как модель в начальный момент времени находится в равновесии, запас технического прогресса начинает расти с каждым ϕI . Интегрирование по времени делает модель неэргодичной, поскольку она запускает зависимость от тренда. В каком-то смысле уравнение (2) является временным лагом третьего порядка технического прогресса A от «запаса знаний».

$$A = \ln \int_t^T \phi I dt \quad (2)$$

В то время как временные лаги в моделях человеческого капитала могут быть причиной циклических колебаний [57], технический прогресс как переменная запаса без амортизации и снижения отдачи, как показано в уравнении (2), коренным образом изменяет динамику системы, как мы увидим ниже. В концепции данной модели заложена идея о том, что знания находятся в свободном доступе. Мы не рассматриваем здесь такие формы монопольного права, как право на интеллектуальную собственность, поскольку это привело бы к ограничениям на использование технического прогресса A в производственном процессе.

Известно, что переменная потребления C является функцией переменной ВВП Y , умноженной на предельную склонность к потреблению mpc , выраженная в уравнении (3):

$$C = mpc Y \quad (3)$$

Здесь используются две версии модели: одна, в которой предельная склонность к потреблению mpc поддерживается постоянной, и другая, в которой допускается ее изменение. В последнем варианте mpc умножается на величину, обратную процентной ставке. Значение искомого (желаемого) капитала K^n определяется как разница между фактическим и ожидаемым капиталом [47]. Переменные K_n и Y_n обозначают начальные значения капитала и ВВП соответственно, в то время как $Z(Y)$ – ожидаемый ВВП, согласно известной функции прогнозирования в теории системной динамики [48]. Значение искомого капитала, кроме того, зависит от величины, обратной процентной ставке i , основанной на модели IS-LM [48]. Переменная θ – параметр функции полезности [42], при $\theta > 0$, а переменная τ становится необходимой для ситуации при $i \rightarrow 0$, поскольку в этой ситуации $1/i \rightarrow \infty$, а θ ослабляет этот эффект. Следовательно, функция искомого (желаемого) капитала K^n будет состоять из всех этих элементов, как показано в уравнении (4). Здесь сразу необходимо обратить внимание, что с введением переменной θ условие поперечности не выполняется [30].

$$K^n = K_n \frac{Z(Y)}{Y_n} \left(\theta \frac{1}{i}\right)^\tau \quad (4)$$

Аналогичным образом, ожидаемый ВВП $Z(Y)$ определяется в модели с помощью адаптивных ожиданий – ψ в качестве корректировки к новым ожидаемым условиям, уравнение (5):

$$Z(Y) = Y \left(1 + \psi \frac{Y_t}{Y_{t-1}}\right) \quad (5)$$

Таким образом, ожидание представляет собой простую экстраполяцию тренда [14], экспоненциально сглаживающую тренд и служащую ориентиром для принятия инвестиционных решений. Конечно, ожидания здесь усреднены по всем агентам, принимающим инвестиционное решение, и можно прогнозировать, в какой степени поведение в прошлом может определять ожидания

в будущем [48]. Разнородные агенты с разными ожиданиями могли бы привести к более насыщенной динамике модели. Процентная ставка i – это долгосрочная процентная ставка, которую можно обозначить как i_d , чтобы лучше отличать ее от краткосрочной процентной ставки i_k . Это задается нижеследующим уравнением (6):

$$i_d = \zeta + i_k + \varpi \quad (6)$$

В уравнении (6) переменная ζ обозначает премию за риск (или ликвидность), которая остается постоянной, а ϖ является одной из составных правила Тейлора [14] и при отсутствии инфляции в модели она зависит только от возможной разницы между фактическим ВВП Y и потенциальным выпуском $Y_{пп}$ (уравнение (7)).

$$\varpi = 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{Y - Y_{пп}}{Y_{пп}} \right) \quad (7)$$

Краткосрочная процентная ставка i_k , с другой стороны, зависит от некоторого нормализованного постоянного значения долгосрочной процентной ставки i_d и параметров количественной теории денег, где M – денежная масса, а v – скорость обращения денег, как показано в уравнении (8):

$$i_k = i_d Y \left(\frac{v}{M} \right) \quad (8)$$

Моделирование или включение процентных ставок в уравнения (6–8) в рамках нашего подхода является отличительной чертой и новизной нашего исследования, с включением модели человеческого капитала, рассчитанной с учетом временного лага. Здесь следует вспомнить утверждения, упомянутые в исследованиях Р. Кинга [47] о том, что финансовая система важна для роста производительности, а некоторые другие исследования [31] показывают, что существует устойчивая теоретическая взаимосвязь между темпами роста и процентной ставкой. Кроме того, в ряде отдельных исследований мы можем видеть модели с включением денег и финансовых инструментов в теорию эндогенного роста. Динамика процентных ставок зависит от взаимодействия краткосрочных и долгосрочных процентных ставок, денежной массы, ВВП и основного капитала. Более высокая процентная ставка

приводит к более высоким капитальным затратам, что, в свою очередь, приводит к снижению инвестиций, оказывая влияние на потенциальный объем производства и ВВП через конечный спрос, как мы увидим ниже. Денежная масса растет вместе с объемом производства, однако с гораздо меньшими колебаниями и служит стабилизатором. Поскольку краткосрочная процентная ставка повышается из-за более быстрых изменений ВВП по отношению к денежной массе, это также приводит к повышению долгосрочных процентных ставок, на которые, кроме прочего, согласно правилу Тейлора, влияет дефицит производственных мощностей, что делает инвестиции более дорогостоящими. Это замедляет развитие потенциального объема производства, хотя и более медленными темпами, чем ВВП, на который в большей степени влияет снижение инвестиционной активности, что приводит к ослаблению влияния на процентную ставку. Конечный спрос $Y_{\text{кк}}$ в нижеследующем уравнении представляет собой совокупность потребления C и инвестиций I (уравнение (9)), поскольку гипотетическая модель представляет собой закрытую экономику.

$$Y_{\text{кк}} = C + I \quad (9)$$

ВВП рассчитывается путем уравнивания потенциального выпуска $Y_{\text{пп}}$ и конечного спроса $Y_{\text{кк}}$ с уравнивающим коэффициентом η , как показано в уравнении (10):

$$Y = \eta Y_{\text{кк}} + (1 - \eta)Y_{\text{пп}} \quad (10)$$

Уравнивающий коэффициент η – это смещенная и масштабированная составная логистической функции, где гиперболический тангенс получен из исследований распространения рынка [29]. Параметры λ и ζ в уравнении (11) скорректированы для получения надежного результата в широком диапазоне значений.

$$\eta = \lambda \left(-\tanh \left(\frac{Y_{\text{кк}}}{Y_{\text{пп}}} - 1 \right) + \zeta \right) \quad (11)$$

Изменения в конечном спросе происходят более быстрыми темпами, чем изменения в потенциальном объеме производства, из-за инерции капитала и накопленных знаний. Как следствие, если $Y_{\text{кк}} > Y_{\text{пп}}$, то некоторые мощности будут использоваться предельно в течение некоторого времени и в то же время создавать стимул для дополнительных инвестиций.

С другой стороны, дефицит производственных мощностей в этой ситуации приведет к повышению процентных ставок и ослаблению этого стимула. Следовательно, в этом сценарии позитивные ожидания роста уравниваются ростом капитальных затрат. Таким образом мы имеем обратную ситуацию, где $Y_{\text{КС}} < Y_{\text{ПП}}$. Аналогичный механизм можно найти в модели Мвурাকাми [48], где более высокое отношение выпуска к капиталу приводит к увеличению инвестиций, которые уравниваются более высокой процентной ставкой в случае, когда денежно-кредитный регулятор проводит умеренную антициклическую политику. В настоящей модели это обеспечивается правилом Тейлора в уравнении (7). Однако, если принять во внимание прибыль и ее влияние на выход фирм на рынок, правило Тейлора может дестабилизировать систему. Как нами отмечено выше, учет различной структуры рынка или неоднородности агентов может существенно изменить динамику модели.

В ситуации, когда инвестиции ниже нуля, требуется включение в модель замену капитала или амортизацию, обозначенную через переменную μ , как показано в уравнении 12:

$$I = \max\left(\frac{\zeta(K^n - K + \mu)}{\zeta t}, 0\right) \quad (12)$$

Следовательно, обновление капитала происходит в соответствии со следующим уравнением (13):

$$K = K_0 + \int_t^T I - \mu dt \quad (13)$$

Численность рабочей силы зависит от соотношения ВВП из уравнения (10) и технического прогресса A из уравнения (2) с учетом корректирующего коэффициента ψ (уравнение 14):

$$L^n = \psi \frac{Y}{A} \quad (14)$$

Наконец, исходный совокупный выпуск, определяемый первоначальным уравнением (1), имеет фиксированные коэффициенты, и, если одновременно менять оба производственных фактора, такое поведение называется техническим изменением, нейтральным по Хиксу [42]. Однако техническое изменение, нейтральное по Хиксу, теоретически невозможно. Следовательно, коэффициент капитал α может меняться в зависимости

от нормальных капитальных затрат r , как мы покажем в уравнении (15). Следовательно, доля прибыли (которая постоянна в этой модели) вместе с техническими условиями определяет коэффициент выпуска, а доля прибыли (или доходность капитала α) следует из нижеследующего уравнения (15):

$$\alpha = r \frac{K}{Y - \mu} \quad (15)$$

Затем рассчитываются относительные доли производственных факторов между ставкой заработной платы π и капитальными затратами и выражаются уравнением (16):

$$Y = \pi L + rK = \frac{(Y - \mu)(1 - \alpha)}{L_{t-1}} L + \frac{(Y - \mu)\alpha}{K_{t-1}} K + \mu \quad (16)$$

Эмпирический анализ результатов оценки влияния инновационной динамики на экономический рост. Модель приводится в исходное равновесие путем следующей системы уравнений (17):

$$\left. \begin{aligned} I &= \mu \\ Y_{\text{ПП}} &= Y_{\text{КС}} \\ Z(Y) &= Y \\ \varrho &= i_{\text{Д}} - i_{\text{К}} - \varpi \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Исходные параметры модели получены на основе среднего значения доли потребления в ВВП стран G-7, составляющей примерно 2/3, взятой из базы данных Организации экономического сотрудничества и развития (OECD)¹. Таким образом, при нашей заданной гипотетической экономике доля инвестиций составляет 1/3 (и, следовательно, завышена), поэтому C устанавливается равным 200, а $I = 100$, следовательно, $Y_{\text{ПП}} = Y_{\text{КС}} = Y = 300$, а предельная склонность к потреблению также равна 2/3. При норме амортизации капитала $\mu = 10\%$ и равновесной модели K должно быть равно 1000. При постоянных капитальных затратах r , равных 0,05, это дает нам, согласно уравнению (15), приблизительную долю капитала α , равную 0,25. Это значение, вероятно, слишком низкое, но взято ради согласованности модели. Для долгосрочной процентной ставки было взято

¹ OECD. <https://data.oecd.org/economy.html>

(приблизительное) среднее значение доходности 10-летних долгосрочных государственных облигаций, равное 3%, скорость обращения денег была установлена равной 3.

На рис. 1 показаны результаты моделирования для двух различных долей инвестиций ϕI в соответствии с уравнением (2). Можно видеть, что более высокое значение ϕ в альтернативном сценарии приводит к более высоким темпам роста в начале периода. Два цикла сдвинуты по длине волны и из-за логарифма в уравнении (2), который описывает уменьшающуюся отдачу от инноваций, в конечном итоге рост выравнивается в долгосрочной перспективе. Сценарий под номером два будет использоваться в качестве контрольного сценария на других графиках.

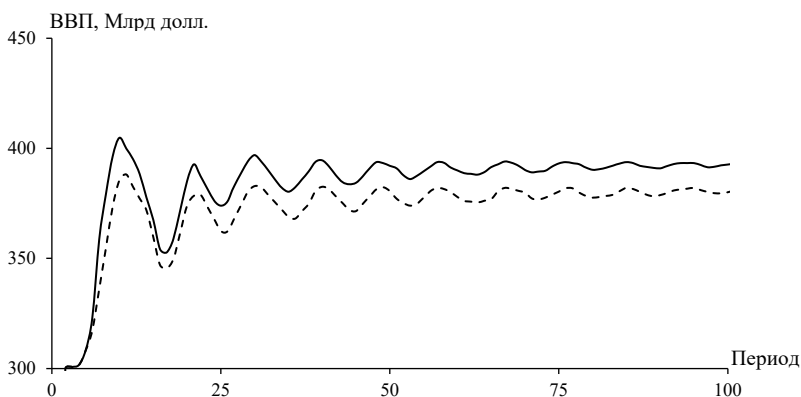


Рис. 1. Два сценария с разными долями инвестиций ϕ в инновациях:
— первый сценарий; --- второй сценарий

Будет ли иметь значение, если ограничить модель более «традиционным» видом, принимая во внимание только потенциальный результат? Это означает, что уравнение (10), где баланс между конечным спросом и потенциальным объемом производства определяет ВВП, отбрасывается, и Y напрямую определяется значением $Y_{ПП}$. Рис. 2 показывает, что циклические колебания значительно ослабляются, если не учитывать в модели возможность дисбаланса между спросом и предложением в экономике. Следовательно, эффект разрыва в возможностях и механизм адаптивного ожидания являются одной из движущих сил ярко выраженных циклических колебаний.

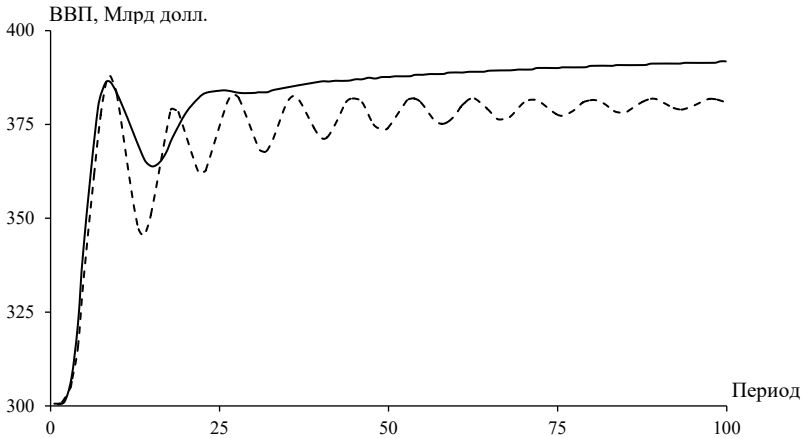


Рис. 2. Сравнение использования балансирующего механизма уравнения (10) в базовом режиме с условием $Y = Y_{ПП}$:
 — первый сценарий; --- второй сценарий

На рис. 3 показан альтернативный сценарий, при котором временной лаг третьего порядка уравнения (2) к уравнению (1) исключается. Таким образом, влияние инноваций на технический прогресс изменилось, и циклы стали гораздо более выраженными, но в конечном итоге также постепенно снижаются.

Как отмечает в своих исследованиях М. Бэмби [49], задержки с внедрением системы эндогенного роста могут быть причиной волнообразных колебаний в бизнесе. Однако в нашей модели мы можем видеть, что цикличность сильнее при отсутствии временного лага. Это также является важным дополнением к выводам Л. Гори [42], в работе которого утверждается, что временные лаги являются лагами в наращивании человеческого капитала. На рис. 3 видно, что временной лаг для запаса знаний приводит к демпфирующему эффекту, тогда как в исследованиях Л. Гори [42] увеличение временного лага для человеческого капитала приводит к циклическим колебаниям. Разница обусловлена функциональной формой (запас знаний входит в производственную функцию мультипликативно без экспоненты) и отсутствием амортизации в отличие от человеческого капитала. Ослабление колебаний в данной модели обусловлено функциональной формой уравнения (2) с уменьшающейся предельной отдачей от инвестирования в знания.

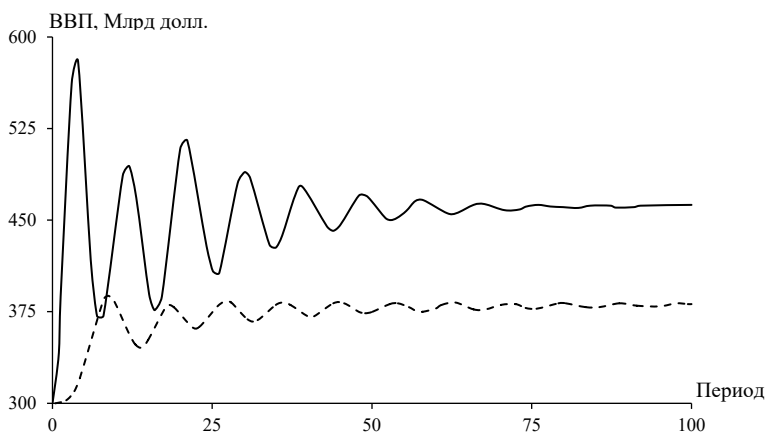


Рис. 3. Влияние эффекта временного лага в инновациях на циклические колебания экономического роста:
— первый сценарий; --- второй сценарий

Если говорить обобщенно, то на рис. 3 показан эффект временного лага, с помощью которого происходит повышение производительности. Он представляет эффекты временного лага третьего порядка, преобразуя эффекты уравнения (2) в повышение производительности производственной функции. Данный анализ чувствительности применяется для равномерного распределения временного лага, результаты которого представлены на рис. 4.

На рис. 4 показано, что этот временной лаг, с одной стороны, ответственен за большие колебания модели вверх, но с другой стороны, это также изменяет характеристики волны по показателям длины ее амплитуды. Это означает, что неопределенность в отношении ожидаемых последствий повышения производительности может иметь усиливающие последствия в других секторах экономики. Теперь мы проверим, могут ли результаты, приведенные на рис. 1, быть обобщены на более широкий спектр возможных долей инвестиций или же динамика существенно изменится. Анализ чувствительности в данном случае представляет собой равномерное распределение по долям инвестиций в НИОКР, обозначенных в уравнении (2) как ϕI . Именно эта доля инвестиций в НИОКР в конечном итоге приводит к более высоким темпам экономического роста в модели.

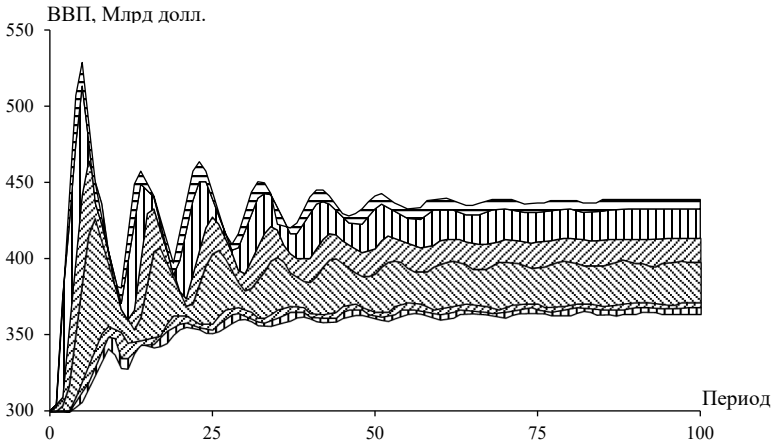


Рис. 4. Анализ чувствительности к длительности временного лага для повышения производительности.

Распределение чувствительности временного лага:
 ▨ 50%; ▩ 75%; ▮ 95%; ▭ 100%

В анализе чувствительности, представленном на рис. 5 можно наблюдать, как небольшая её доля приводит к существенному росту.

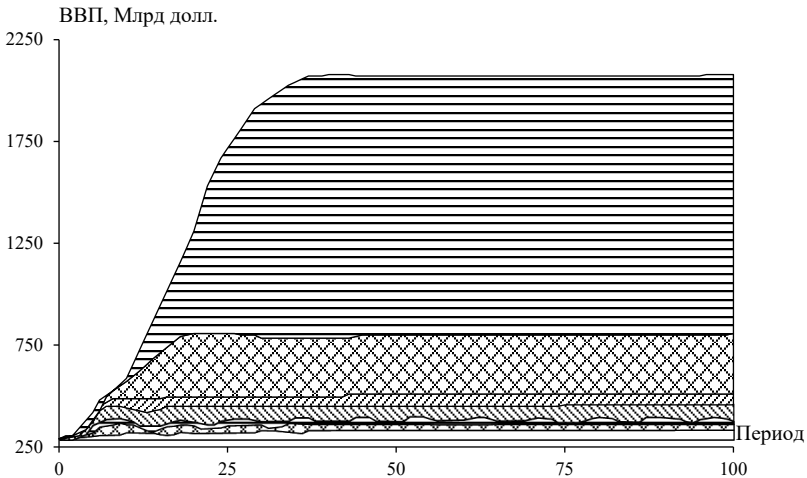


Рис. 5. Анализ чувствительности доли инвестиций в НИОКР для повышения производительности

Распределение чувствительности временного лага:
 ▨ 50%; ▩ 75%; ▮ 95%; ▭ 100%

Вместе с тем на рис. 5 можно наблюдать различия в динамике, из-за которых очень трудно количественно разделить эффекты, а это означает, что динамика разворачивается по-разному с течением времени. Следовательно, при различном уровне инвестиций в НИОКР существенно меняются как цикличность, так и эффекты экономического роста. Какие здесь можно сделать выводы при разработке макроэкономической политики или какова макроэкономическая действительность, стоящая за этими выводами? Здесь сразу нужно отметить, что прежде всего, постоянство изменений в политике в значительной степени зависит от параметров модели. Более детальные выводы рассмотрим ниже.

Выводы и направления дальнейших исследований. Переходя к обобщению проведенного исследования и выводам, прежде всего отметим, что стандартная модель роста Солоу с производственной функцией Кобба-Дугласа и двумя производственными факторами (K и L), удовлетворяющими условиям Инада, приводит к устойчивому состоянию [50], а при отсутствии роста населения только экзогенный технический прогресс может привести к постоянному росту. В исследованиях в рамках макроэкономической теории было предложено множество расширений этой базовой модели, но большинство, если не все, из этих предложений сосредоточены на долгосрочном экономическом росте, условиях оптимальности для достижения «золотого пути» роста и эндогенизации различных компонентов модели, например, нормы сбережений. Однако из-за нелинейностей, параметров накопления, адаптивных ожиданий и механизмов обратной связи можно предположить связь между долгосрочным ростом и среднесрочными колебаниями.

Модель, представленная в этой статье, использует расширение базовой модели роста Солоу для расчета потенциального объема производства, где общая факторная производительность определяется увеличением запаса знаний. Таким образом, в рамках модели мы попытались найти компромисс между инвестированием в капитал, который подвержен обесцениванию, и запасом знаний, который увеличивается по мере инновационной активности и накапливается с течением времени без риска уменьшения, но с уменьшающейся предельной отдачей. Отличие данной модели от других моделей эндогенного роста заключается

в том, что эта модель не использует монополистическую конкуренцию в качестве основы, стохастические инновационные процессы или специфические различия в квалификации человеческого капитала. Ввиду логарифма, используемого в уравнении (2) поведение модели аналогично поведению моделей полуэндогенного роста [25]. Здесь, конечно, можно попытаться возразить, что производственная функция Кобба-Дугласа просто отражает некоторую лежащую в основе учета идентичность и что хорошее эмпирическое соответствие этой функции в основном обусловлено этим фактом. Тем не менее, практически все модели экономического роста либо используют эту функцию, либо ее вариацию, подобную более общей постоянной эластичности функции замещения. Возможно, было бы нецелесообразно сводить всю экономическую деятельность (и особенно инновационную деятельность) к такой функции, но пока автору не известна работоспособная альтернатива модели предложения. Включение совокупного спроса в уравнения (9–11) в этой модели основаны на идеях посткейнсианской экономики о том, что краткосрочные темпы роста в большей степени определяются совокупным спросом, тогда как долгосрочные темпы роста могут быть описаны ростом совокупного предложения. И этот дисбаланс приводит к более сильным циклическим колебаниям. В то время как последователи неоклассической теории могут утверждать, что, согласно закону Сэя, этого не должно происходить, альтернативные точки зрения подчеркивают, что этот «закон» является скорее идентичностью, чем законом, и что экономическая система вполне способна воспроизводить избыточное или недостаточное предложение. Еще одной причиной для проведения различия между спросом и предложением в экономике является идея о том, что инвестиции в инновационную деятельность имеют краткосрочный эффект, поскольку эти инвестиции являются частью совокупного спроса. Однако в долгосрочной перспективе эффект может быть отсрочен, поскольку это нововведение приводит к повышению общей производительности факторов производства.

С точки зрения разработки макроэкономической политики может возникнуть соблазн сокращения сроков проведения НИОКР за счет упрощения их внедрения и распространения. Как демонстрируют рис. 3 и 5, экономика действительно может

извлечь выгоду из более высоких темпов роста. С другой стороны, сокращение или облегчение сроков выхода инноваций на рынок приводит к более высоким колебаниям, которые нежелательны. Однако следует также учитывать тот факт, что эти колебания в значительной степени зависят от чувствительности участников рынка к изменениям процентной ставки, как показано в уравнении (8). Низкая (но не слишком низкая) чувствительность к изменениям процентных ставок, по-видимому, является наилучшим способом обеспечения стабильности экономической системы. В настоящее время эта модель приводит к структурной безработице. Хотя этот эффект, вероятно, имеет место для одной «ведущей технологии» в «технологической системе», в действительности же действует больше контрмеханизмов, чем простое изменение доли дохода в ВВП, в соответствии с уравнением (16).

В целом, несмотря на чисто теоретический характер этой модели, она помогает улучшить наше понимание различных механизмов, действующих при распространении инновационной деятельности в экономике, и того, как технологические инновации могут быть ответственны за цикличность НИОКР.

Дальнейшие исследования могли бы быть направлены на изучение потенциала использования моделей с добавлением промежуточных товаров и расширения модели за счет государственного сектора для учета субсидий. Такой методологический подход явно будет эффективным инструментом для макроэкономической оценки и мониторинга влияния инновационного (технологического) фактора на формирование экономической динамики, с тем чтобы в дальнейшем выявлять возможности разработки стимулирующей макроэкономической политики экономического роста.

Список литературы

1. Cazzavillan, G., Pintus, P.A. *Endogenous business cycles and dynamic inefficiency. Int. J. Econ. Theory* 2 (3–4), pp. 279–294, 2006.
2. De Vilder, R. *Complicated endogenous business cycles under gross substitutability. J. Econom. Theory* 71, pp. 416–442, 1996.
3. Hattaf, K., Riad, D., Yousfi, N. *A generalized business cycle model with delays in gross product and capital stock. Chaos Sol. Fractals* 98, pp. 31–37, 2017.
4. Krawiec, A., Szydłowski, M. *Economic growth cycles driven by investment delay. Econ. Modell.* 67, pp. 175–183, 2017.
5. Evans, George W., Honkapohja, Seppo, Romer, Paul M. *Growth cycles. Amer. Econ. Rev.* 88 (3), pp. 495–515, 1998.

6. Борисов В.Н. и др. *Модернизация промышленности и развитие высокотехнологичных производств в контексте «зеленого роста»* / Под ред. ак. Порфирьева Б.Н. М.: Научный консультант, 2017. 434 с.
7. Борисов В.Н. и др. *Прогнозирование инновационного машиностроения*. М.: МАКС Пресс, 2015. 180 с.
8. Борисов В.Н. и др. *Инновационно-технологическое развитие экономики России: проблемы, факторы, стратегии, прогнозы*. М.: МАКС Пресс, 2005. 591 с.
9. Матризаев Б.Д. *Исследование отличительных особенностей режимов бизнес-инноваций и их влияния на результаты инновационной деятельности макрорегионов // Вопросы инновационной экономики*. 2020. Том 10. № 4. С. 2021–2036. DOI: 10.18334/vines.10.4.110880
10. Матризаев Б.Д. *Исследование особенностей проциклической динамики инвестиций в научно-технологическое и инновационное развитие экономики на примере стран с «догоняющей» моделью // Вопросы инновационной экономики*. Т. 9. № 3. С. 693–708. 2019.
11. Матризаев Б.Д. *Исследование гипотетических основ стратегии технологической модернизации и повышения инновационного потенциала в странах с быстрорастущей экономикой // Экономика: теория и практика*. № 1 (53). 2019. С. 15–21.
12. Фролов И.Э., Тресорук А.А. *К вопросу о прогнозировании высокотехнологичных производств в современных условиях: теоретико-методологические аспекты // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*. 2022. С. 7-40. DOI: 10.47711/2076-318-2022-7-40
13. Абрамов Р. А. *Диверсификация экономики регионов на основе инновационного развития*. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 228 с.
14. Freeman, C., Louçã, F. *As times goes by: the information revolution and the industrial revolutions in historical perspective*. Oxford University Press, 2001.
15. *Актуальные проблемы Европы. Европа и Россия. Инновационное развитие и модернизация экономик*. М.: ИНИОН РАН. №1. 254 с. 2018.
16. *Актуальные проблемы Европы. Выпуск №1(2013). Европа и Россия. Инновационное развитие и модернизация экономик: моногр.* – М.: Институт научной информации по общественным наукам (ИНИОН) РАН, 2016. 900 с.
17. Акулова Е.Н. *Инновационные решения на пути к эффективному развитию экономики России*. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. 680 с.
18. Асанов А.Н. *Инновационная система управления экономикой региона*. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2016. 180 с.
19. Аузан А.А. *Инновационное развитие экономики России. Междисциплинарное взаимодействие. Сборник статей*. М.: Проспект, 2016. 646 с.
20. Бабурин В. Л. *Инновационные циклы в российской экономике*. М.: РГТУ, 2014. 120 с.
21. *Базилевич А.И. Инновационный менеджмент и экономика организаций (предприятий): практикум*. Гриф УМО ВУЗов России: моногр. М.: Инфра-М, Вузовский учебник, 2016. 669 с.
22. Богатова Е.В. *Инновационная экономика. Монография*. М.: Русайнс, 2015. 897 с.
23. Archibugi, D., Filippetti, A. *Is the economic crisis impairing convergence in innovation performance across Europe? J. Common. Mark. Stud.* 49, pp. 1153–1182. 2011.
24. Barrios, C., Flores, E., Martínez, M.A. *Club convergence in innovation activity across European regions. Pap. Reg. Sci.* 98 (4), pp. 1545–1565. 2019
25. Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sandén, B., Truffer, B., *Technological innovation systems in contexts: conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. Environ. Innov. Soc. Transit.* 16, pp. 51–64. 2015.
26. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. *Measuring the efficiency of decision making units. Eur. J. Oper. Res.* 2 (6), pp. 429–444. 1978.

27. Club of Rome. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books, New York. 1972 p.
28. Disoska, E.M., Tevdovski, D., Toshevska-Trpchevska, K., Stojkoski, V. Evidence of innovation performance in the period of economic recovery in Europe. *Innovat. Eur. J. Soc. Sci. Res.* 33 (3), pp. 280–295, 2018.
29. Edquist, C., Zabala-Iturriagoitia, J.M., Barbero, J., Zofio, J.L. On the meaning of innovation performance: is the synthetic indicator of the Innovation Union Scoreboard flawed? *Res. Eval.* 27 (3), pp. 196–211. 2018.
30. Enflo, K., Hjertstrand, P. Relative sources of European regional productivity convergence: a bootstrap frontier approach. *Reg. Stud.* 43, pp. 643–659. 2009.
31. European innovation scoreboard. Available. http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards_en. 2019.
32. Fagerberg, J. A technology gap approach to why growth rates differ. *Res. Pol.* 16, pp. 87–94. 1987.
33. Furman, J., Hayes, R. Catching up or standing still? National innovative productivity among 'follower' countries, 1978–1999. *Res. Pol.* 33, pp. 1329–1354, 2004.
34. Leibenstein, H. X-efficiency: from concept to theory. *Challenge* 22 (4), pp. 13–22, 1979.
35. Rolf F. and Anders K.: Sten Malmquist In memoriam, *Journal of Productivity Analysis Volume 23, Number 2 / May*, pp. 141-142, 2005.
36. Franke, R. Reviving Kalecki's business cycle model in a growth context. *J.Econom. Dynam. Control* 91, pp. 157-171, 2018.
37. Zak, P.J. Kaleckian lags in general equilibrium. *Rev. Polit. Economy* 11, pp. 321–330, 1999.
38. Gabriel F., L., Jayme Jr, FG., Oreiro, J.L. A North-South model of economic growth, technological gap, structural change and real exchange rate. *Struct. Change Econ. Dyn.* 38, pp. 83–94, 2016.
39. Donadelli, M., Paradiso, A., Livieri, G. Adding cycles into the neoclassical growth model. *Econ. Modell.* 78, pp. 162–171, 2019.
40. Hattaf, K., Riad, D., Yousfi, N. A generalized business cycle model with delays in gross product and capital stock. *Chaos Sol. Fractals* 98, 31–37, 2017.
41. Režný, L., Bureš, V. Adding feedbacks and non-linearity to the neoclassical growth model: a new realm for system dynamics applications. *Systems* 2018 6 (8), 2018.
42. Gori, L., Guerrini, L., Sodini, M. A model of economic growth with physical and human capital: the role of time delays. *Chaos* 26, 093118, 2016.
43. Grandmont, JM., Pintus, P., de Vilder, R. Capital-labor substitution and competitive nonlinear endogenous business cycles. *J. Econom. Theory* 80, pp. 14–59, 1998.
44. Sorger, G. Active and passive monetary policy in an overlapping generations model. *Rev. Econ. Dyn.* 8, pp. 731-748, 2005.
45. Ouyang, M. On the Cyclicity of R&D. *Rev. Econ. Stat.* 93 (2), pp. 542–553, 2011.
46. Godley, W., Lavoie, M. Kaleckian models of growth in a coherent stock-flow monetary framework: A Kaldorian view. *J. Post Keynesian Econ.* 24 (2), pp. 277–311, 2002.
47. King, R., Rebelo, S. Resuscitating real business cycles. In: Taylor, J., Woodford, M. (eds.), *Handbook of Macroeconomics, volume 1b*, pp. 927-1007. Elsevier, 1999.
48. Gabriel F., L., Jayme Jr, FG., Oreiro, J.L. A North-South model of economic growth, technological gap, structural change and real exchange rate. *Struct. Change Econ. Dyn.* 38, 83–94, 2016.
49. Bambi, M., Gozzi, F., Licandro, O. Endogenous growth and wave-like business fluctuations. *J. Econom. Theory* 154, pp. 68–111, 2014.
50. Shephard, R.W. *Cost and Production Functions*. Princeton University Press, Princeton. 1953.

Для цитирования: *Матризаев Б.Д.* Исследование влияния и роли отдельных функциональных особенностей инновационной динамики в макроэкономических моделях экономического роста // Научные труды. Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2023. № 1. С. 31–54.
DOI: 10.47711/2076-3182-2023-1-31-54.

Summary

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE AND ROLE OF SOME FEATURES OF INNOVATION DYNAMICS IN MACROECONOMIC MODELS OF ECONOMIC GROWTH

MATRIZAEV Bahadyr J., PhD in Economics, matrizaev@mail.ru, Associate Professor, Department of Economic Theory, the Financial University under the Government of the RF, Moscow, Russian.
Scopus Author ID: 57211179110; <https://orcid.org/0000-0002-6270-9002>

Abstract. In this article, the author attempts to investigate the model of semi-endogenous growth in order to show that the nature of innovation itself can generate economic cycles. The main purpose of the article is to study the author's methodological approach, which is able to cover and sufficiently reveal the relationship between innovations and cycles, with a description of the technology life cycle. The scientific novelty of this article lies in the methodological approach, which gives a new idea of innovation cycles, concerning the influence and role of some features of innovation dynamics, as well as the macroeconomic dynamic model of economic growth resulting from innovation activity, which has a more complex structure than neoclassical models of economic growth can usually explain.

Keywords: economic growth, innovative dynamics, efficiency, methodology, model, economic cycles

For citation: *Matrizaev B.J.* Investigation of the Influence and Role of Some Features of Innovation Dynamics in Macroeconomic Models of Economic Growth // Scientific works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. 2023. No 1. Pp. 31–54.
DOI: 10.47711/2076-3182-2023-1-31-54