

ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЙ РОСТ И ЗАКОН ЦИКЛИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ***Надежда Эвальдовна БАБИЧЕВА^{а*}, Николай Петрович ЛЮБУШИН^б,
Анатолий Иванович ЛЫЛОВ^с, Ирина Николаевна ГУРТОВАЯ^д**

^а доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры международной экономики и внешнеэкономической деятельности, Воронежский государственный университет (ВГУ), Воронеж, Российская Федерация
sigaeva@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 4139-1734

^б доктор экономических наук, профессор кафедры экономического анализа и аудита, Воронежский государственный университет (ВГУ), Воронеж, Российская Федерация
lubushinnp@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 2227-3764

^с кандидат экономических наук, доцент кафедры международной экономики и внешнеэкономической деятельности, Воронежский государственный университет (ВГУ), Воронеж, Российская Федерация
lylov-vs@rambler.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 3369-6599

^д преподаватель, Приволжский институт повышения квалификации ФНС России, Нижний Новгород, Российская Федерация
crrp604@sinn.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 6771-8958

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 15.10.2018
Получена в доработанном виде 31.10.2018
Одобрена 09.11.2018
Доступна онлайн 29.11.2018

УДК 330.113, 330.33, 58.15
JEL: O12, Q01

Ключевые слова:

экспоненциальный рост, цифровая экономика, закон циклического развития, S-образные кривые, технологические этапы

Аннотация

Предмет. Анализируется сочетание экспоненциального развития экономических субъектов с фундаментальным законом убывающей эффективности эволюционного совершенствования систем, действие которого отображается S-образными кривыми.

Цели. Установить условия перехода экономических субъектов на экспоненциальное развитие. Выявить эффективность такого перехода.

Методология. Используются общенаучные принципы и методы исследования: анализ и синтез, группировка и сравнение, абстрагирование, обобщение и др.

Результаты. Выделены характерные участки изменения сравнительной эффективности развития технологических систем (S-образных кривых). Связав эти характерные участки с технологическими этапами, укладами и концепцией «Индустрия 1.0–4.0», получили соответствующие S-образные кривые для каждого периода. Выявлен значительный рост эффективности затрат при переходе к более высоким технологическим укладам.

Выводы. Учитывая экспоненциальный рост на отдельных стадиях жизненного цикла технологических систем, осуществление инвестиций в традиционные технологии экономически нецелесообразно. Следует внедрять системы, характерные для цифровой экономики и базирующиеся на фундаментальных открытиях науки. Развитие экономических субъектов не может осуществляться в условиях постоянного роста. Экспоненциальный рост обеспечивается в рамках закона убывающей эффективности эволюционного совершенствования систем, несмотря на действие закона циклического развития. В результате многочисленные модели, используемые в прогнозировании развития систем, оказываются неэффективными. Следует разрабатывать новые подходы к прогнозированию развития экономических субъектов, основанные на взаимосвязанных моделях и учитывающие возможности экспоненциального роста их результативности.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Бабичева Н.Э., Любушин Н.П., Лылов А.И., Гуртовая И.Н. Экспоненциальный рост и закон циклического развития систем // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 11. – С. 1996 – 2009. <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.1996>

В научных публикациях все чаще встречаются такие словосочетания, как «экспоненциальный рост», «цифровая экономика». Как указывает Роуэн Гибсон, «по мере того как наш мир становится сложнее и взаимозависимее, изменения принимают все более нелинейный, прерывистый и непредсказуемый характер, а будущее начинает все меньше напоминать прошлое и складывается не так, как мы ожидаем. Обнаруживается, что путь из точки *A* может вести в точку *E*, оттуда – в точку *K* или в *Z*! Осознание этого требует совершенно иного подхода к будущему в корпорациях, обществе и личной жизни. Нам необходимо сделать интеллектуальный скачок от линейности к нелинейности»¹. Реализация данной цитаты представлена на *рис. 1* по работе [1].

Такая нелинейность применительно к информационным технологиям была сформулирована Р. Курцвейлом: «изменения значений цены – производительности и емкости (на единицу времени, цены или другого параметра) практически точно следуют экспоненциальному закону» и «ресурсы, необходимые для расчета, запоминания или передачи бита информации, исчезающе малы» [2, с. 293]. Выводы Р. Курцвейла базировались на законе Мура², основанном на наблюдении того, что с середины 1960-х гг. плотность транзисторов на интегральной схеме удваивается каждые 1,5–2 года, то есть размер схем (процессоров) уменьшается, а быстродействие повышается с экспоненциальной скоростью, при этом стоимость ежегодно снижается примерно на 30%. В результате современные процессоры содержат несколько миллиардов транзисторов,

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 16-06-00390.

Статья предоставлена Информационным центром Издательского дома «ФИНАНСЫ и КРЕДИТ» при Воронежском государственном университете.

² Роуэн Гибсон – известный инноватор, автор множества бестселлеров об инновациях, включая «Четыре линзы инноваций: инструмент для творческого мышления» (*The Four Lenses of Innovation*).

³ Гордон Мур – сооснователь компании Intel.

а производство одного транзистора стоит меньше, чем печать одной буквы на лазерном принтере.

Исследуем сочетание экспоненциального развития с фундаментальным законом убывающей эффективности эволюционного совершенствования систем, то есть с *S*-образными кривыми. В законе убывающей эффективности еще в XVIII в., начиная с работ Т.Р. Мальтуса, Д. Рикардо, Р. Торренса, Я. Уэста, была сформулирована теория дифференциальной ренты и принцип убывающей отдачи плодородия земли. Исследуя в своих работах экономические законы, английский экономист А. Маршалл указывал на противоречия в тенденциях возрастания и сохранения отдачи ресурсов экономических систем.

Факторы развития технических систем по *S*-образным кривым, представленные в виде нескольких соподчиненных циклов, исследованы в работах под руководством А.И. Половинкина³. Выделены следующие циклы:

- при определенных функциональной структуре, принципе действия и техническом решении улучшаются параметры системы;
- после исчерпания возможностей по улучшению параметров происходит переход к более рациональному техническому решению до удовлетворения достигнутых показателей эффективности для данного принципа действия и функциональной структуры;
- после исчерпания возможностей используемого принципа действия может произойти переход к более эффективному принципу действия. Переход на новый принцип действия ведет к новой *S*-образной

³ Половинкин А.И. Законы строения и развития техники (постановка проблемы и гипотезы). Волгоград: Волгоградский политехнический институт, 1985. 202 с.

кривой развития систем. При этом изменяется и функциональная структура элементов;

- после исчерпания возможностей системы с определенной структурой и функциональными подсистемами происходит переход к системе, имеющей свой набор структурно-функциональных характеристик.

В исследованиях авторов переход на новый принцип действия приводит к изменению структуры самих систем и их результативности и показан на следующих примерах:

- водоизмещающие суда – суда на подводных крыльях, воздушных подушках, экранопланы;
- самолеты на тяге воздушного винта и самолеты на реактивной тяге;
- паровозы, тепловозы, электровозы, газотурбовозы (*рис. 2*).

Раскрывая вопросы экспоненциального развития в своих работах, ученые прежде всего имеют в виду линейный участок S-образной кривой, отображающий наращивание интенсивных факторов в развитии систем, что совпадает со стадией роста жизненного цикла. При этом исследования подтверждают тот факт, что закон ускоряющейся отдачи, присутствующий в вычислительной индустрии, наблюдается и в других видах экономической деятельности, основанных на информационных технологиях.

Рассмотрим возможности экспоненциального роста на примере транзисторов. Исходя из закона убывающей эффективности, выход на логистический участок S-образной кривой развития систем предполагает «насыщение» закона Мура, то есть несоответствие размера транзисторов, их быстродействия и стоимости. Такое несоответствие, по имеющимся оценкам, наступило, так как начиная с 20 нанометров стоимость производства одного транзистора уже не падает. Эксперты считают, что дальнейшее уменьшение размеров транзисторов примерно к 2020 г. столкнется с фундаментальными

физическими и экономическими проблемами. Закон Рока (дополнение к закону Мура) свидетельствует о том, что стоимость предприятий, выпускающих кристаллы с новыми, уменьшенными транзисторами, удваивается каждые четыре года, так как требуется оборудование с более высокой точностью и более низким уровнем ошибок. При этом размер рынка для каждого нового поколения кристаллов должен быть как минимум в два раза больше существующего рынка, чтобы окупить расходы на новые производственные мощности [3, с. 95].

Как утверждает вице-президент по науке и образованию Фонда Сколково Н.В. Суетин, нынешняя технологическая эпоха кончается и потребуются новые драйверы развития⁴. В качестве таких драйверов выбраны два направления:

- нейроподобные (нейронные) системы, основанные на дизайне человеческого мозга;
- создание квантовых компьютеров, обещающих быть в тысячи или даже миллионы раз более мощными, чем существующие сейчас.

Проведенный анализ показал, что закон убывающей эффективности эволюционного совершенствования систем действует. На *рис. 1* развитие организаций не доходит до логистического участка (*KF* на *рис. 3*). Чтобы продлить экспоненциальный рост нужно, как показано ранее, перейти к более эффективному принципу действия, то есть к новой S-образной кривой развития.

На характер S-образных кривых оказывают влияние как принцип действия (организации) новых систем (верхняя граница логистического участка S-образной кривой – точка *F* на *рис. 3*), так и темп изменения результата их функционирования. На *рис. 3* S-образная кривая отображена с помощью линейно-кусочных функций. Для участка *EK* отношение результата *DK* к величине ресурса (фактора) показывает отдачу ресурса на

⁴ Суетин Н. Жить не по Муру.

URL: <https://iz.ru/739132/nikolai-suetin/zhit-ne-po-muru>

результат, то есть результат на единицу затрат ресурса. Чем больше результат, тем круче отрезок, характеризующий отдачу, тем интенсивнее расходуется ресурс на единицу результата, что приводит к относительной экономии ресурсов и экспоненциальному росту результата. На проблему интенсификации использования в самих технологиях указано в Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации⁵.

На *рис. 3* отрезки *AB*, *ED* характеризуют наращивание расхода ресурсов (экстенсивное развитие), отрезки *BF*, *DK* характеризуют наращивание результата без изменения расхода ресурсов (интенсивное развитие).

Исследования, проведенные в работе [4], показали, что наиболее известные из S-образных кривых – это модели Флойда, Гомперца, Мэнсфилда, Перла, выбор которых определяется наличием исходных данных.

Подводя итог анализу экспоненциального роста на S-образной кривой, отметим повышенное внимание зарубежных исследователей к данному явлению. Возникает вопрос о роли отечественных ученых в исследовании рассмотренного феномена.

Из работ по теории инновационного развития особого внимания заслуживает работа В.С. Мучника [5], где наряду с классификацией технологических систем была дана прогнозная оценка изменения производительности труда и фондоемкости по этапам развития технологических систем (*табл. 1*).

Из данных, приведенных в *табл. 1*, следует, что изменения значений результата в зависимости от производительности и емкости начинает экспоненциально расти с шестого этапа. Особенно заметен этот рост начиная с восьмого этапа. Акцентируем внимание на том, что теоретико-методологические положения по развитию технологических систем В.С. Мучник проводил до работ К. Перес и С.Ю. Глазьева. По мнению

К. Перес, предполагается, что экономический рост начиная с конца XVIII в. действительно прошел через пять отличных друг от друга стадий, ассоциируемых с пятью последовательными технологическими революциями [6, с. 32]. В отечественной литературе пять последовательных технологических революций в работе академиков Д.С. Львова, С.Ю. Глазьева названы технологическими укладами [7], учение о которых С.Ю. Глазьев продолжает развивать. Перес утверждает: «Да, траектории не вечны. Потенциал парадигмы, сколь угодно мощной, рано или поздно исчерпывается. Технологические революции и парадигмы имеют жизненный цикл длительностью примерно полвека, что в целом характеризует логистическую кривую любой инновации» [5, с. 57].

Технологический уклад характеризует «качество» длинных волн, выделяя страну-лидера⁶ (Япония, США, Германия и др.), ядро технологического уклада (электронная промышленность, вычислительная, оптиковолоконная техника, программное обеспечение, роботостроение и т.д.), ключевой фактор, формирующееся ядро нового уклада (биотехнология, космическая техника, тонкая химическая технология⁷), основные экономические институты и т.д. [8]. В новой цифровой реальности развивается концепция «Индустрия 4.0». Если «Индустрия 3.0» была направлена на автоматизацию отдельных машин и процессов, то есть на использование в промышленности достижений информационных технологий, то «Индустрия 4.0» предусматривает сквозную цифровизацию всех физических активов и интеграцию в цифровую экосистему вместе с партнерами, участвующими в цепочке создания стоимости. Алгоритм анализа факторов стоимости и расчета фундаментальной стоимости компании разработан В.Г. Когденко [9].

В своих исследованиях мы показали изменение сравнительной эффективности

⁶ Приведены данные для пятого технологического уклада, прогнозируемого на 1981–2030 гг.

⁷ Сегодня в формирующееся ядро следует добавить нанотехнологии, оптические технологии, искусственный интеллект, альтернативные источники энергии).

⁵ О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203.

технологических систем по показателю «Приведенные затраты» для различных этапов и укладов их развития [10]. Были выделены характерные (S-образные) участки развития. Поскольку в последнее время все большее внимание уделяется концепции «Индустрия 1.0–4.0», наложим ее характеристики на имеющиеся по технологическим этапам и укладам. К выводу о том, что существенный рост в «разы» наблюдается при переходе в технологических укладах – от третьего к четвертому и пятому, добавляем, что аналогичное наблюдается и при переходе к концепции «Индустрия 1.0–4.0». Подтверждается весьма важный вывод: инвестиции в традиционные технологические системы нецелесообразны, следует внедрять системы, базирующиеся на малооперационных процессах и фундаментальных открытиях науки, то есть характерные для цифровой экономики.

Результаты расчетов при фиксированных затратах в базовый вариант (каждый предыдущий), представлены на *рис. 4*.

Таким образом, следует внедрять системы, характерные для цифровой экономики и базирующиеся на фундаментальных открытиях науки. Задача сложная, так как «Российская Федерация занимает 41-е место по готовности к цифровой экономике со значительным отрывом от десятки лидирующих стран»⁸.

В исследованиях по циклическому развитию доказано, что периоды доминирования технологических укладов практически совпадают с длинными волнами (К-циклами)⁹, что обуславливает постоянное внимание как к периодичности, так и к динамике жизненного

⁸ Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632-р.

⁹ Насчитывается более 1 380 типов цикличности, причем существует традиция называть циклы большой длительности волнами. Фактически современная экономическая наука (по заложенной Й. Шумпетером традиции) оперирует преимущественно четырьмя из них: циклы Жюгляра (до 6–13 лет), циклы Китчина или циклы товарно-материальных запасов (3–4 года), циклы Кузнеца или строительные циклы (15–25 лет), К-циклы (циклы Кондратьева) или большие циклы конъюнктуры (40–60 лет), теоретические положения о которых Н.Д. Кондратьев разработал в 1920-х гг.

цикла каждой волны. Разрабатывая концепцию длинных волн, Н.Д. Кондратьев показал, что для выхода на возрастающую волну большого цикла необходимы два основных условия: огромные запасы капитальных вложений и наличие научных разработок по системам новых поколений. Проанализируем реализацию этих условий в современных условиях (*табл. 2, 3*).

Еще десять лет назад в интервью Д.А. Медведева американскому телеканалу CNBC было отмечено: «Мы не смогли создать высокотехнологичной экономики, у нас очень высокая степень зависимости от экспорта сырья, у нас очень слабая инновационная составляющая в экономике»¹⁰. Из *табл. 2* следует, что инновационная активность организаций за прошедший период не изменяется.

Академик С.Ю. Глазьев указывает: «В настоящее время в Российской Федерации сложилась критическая ситуация с развитием научных исследований, осуществлением технологической модернизации производства, связанной с переходом к новому технологическому укладу» [11, с. 335]. По подсчетам НИУ «Высшая школа экономики», установлено, как сокращается финансирование гражданской науки¹¹. По итогам 2017 г. из федерального бюджета на гражданскую науку было выделено средств по сравнению с 2016 г. меньше на 6,3%, а по сравнению с 2014 г. – на 13,5%. С учетом инфляции (133% за последние десять лет, по экспертным оценкам) если рассчитать ассигнования на науку в постоянных ценах, то их реальное сокращение достигает 29,7% за последние четыре года.

Критическая ситуация видна по цифрам, приведенным в программе «Цифровая экономика Российской Федерации», где читаем: «В докладе Всемирного экономического форума о глобальной конкурентоспособности 2016–2017 годов подчеркивается особое значение инвестиций в инновации наряду с развитием инфраструктуры, навыков и эффективных

¹⁰ «Российская газета» от 04.07.2009.

¹¹ Крапивина Е. Сокращаются бюджетные траты на науку. URL: <https://www.eg-online.ru/article/375666/>

рынков. В международном рейтинге Российская Федерация занимает 43-е место, значительно отстав от многих наиболее конкурентоспособных экономик мира».

Отставание может усилиться в условиях снижения затрат на исследования и разработки (табл. 3) и снижения за 10 лет (с 2008 по 2017 г.) числа научных сотрудников на 7%.

Тенденция сокращения численности научных кадров сохраняется: за прошедший год численность уменьшилась на 2%¹².

В прогнозах, которые реализуются через постановления Правительства РФ или указы Президента России, отсутствует учет циклического развития. Однако с 1990 г. в России было четыре экономических кризиса: 1990–1992 гг. снижение ВВП на 14,5% (1992 г.), 1998–2000 гг. снижение ВВП составило 5,3% (1998 г.), в 2008–2009 гг. снижение ВВП на 7,8% (2009 г.), текущий кризис принес снижение ВВП в 2015г. на 3,7%. Поддерживаем мнение Г.Б. Клейнера: «Поскольку рассчитывать на возможности

бескризисного развития нет оснований (достаточно вспомнить теории цикличности экономики, связанные с именами Н. Кондратьева, С. Кузнеця, А. Чижевского, К. Жюгляра, Дж. Китчина и др.), концепцию устойчивости экономического развития необходимо модифицировать с учетом более или менее регулярного наступления кризисов» [12]. Имеются и другие точки зрения, например, в одной из работ С.Ю. Глазьев указал: «Возможно, в будущем, когда промышленность перейдет к непрерывным инновационным процессам (некоторые отрасли уже работают в рамках таких процессов), а общество в целом – к экономике знаний, мы избавимся от цикличности» [13]. Но несмотря на многочисленные модели, используемые в прогнозировании, кризисы повторяются, что подтверждает закон циклического развития. Следует искать новые подходы к прогнозированию развития экономических субъектов, основанные на взаимосвязанных моделях и учитывающие возможности экспоненциального роста их результативности.

¹² Скопинцева Е. Экономика и жизнь. За 10 лет число научных работников в России сократилось на 7%. URL: <https://www.eg-online.ru/article/382769/>

Таблица 1**Изменение производительности труда и фондоемкости по этапам развития технологических систем****Table 1****Changes in the labor productivity and capital intensity by technological systems development stage**

Этап	Характеристика этапа	Производительность труда по отношению к первому этапу	Изменение показателя фондоемкости по отношению к первому этапу
1	Мануфактурное разделение ручного труда	1	1
2	Механизация основных производственных операций	2,5–4	8–10
3	Повышение мощности и быстродействия основных машин при сдерживающем влиянии ручных работ на вспомогательных, транспортных и связующих операциях	4–5	12
4	Механизация вспомогательных, транспортных и связующих операций, первичное автоматическое управление на механических и гидропневматических элементах	6–7	14
5	Предельный рост мощности машин, гигантские организации, рост надежности систем, автоматические линии	8–12	16
6	Комбинированные, агрегированные машины на механических, гидропневматических и электронных элементах программного управления	15–20	15
7	Высоконадежные технологические блоки с распространением комбинированных машин на электронных приставках, автоматические линии	30–35	14
8	Малооперационные и одностадийные технологии	35–40	8
9	Малооперационные технологии высокой надежности с автоматическим управлением	120–150	9
10	Технологические системы, базирующиеся на достижениях и открытиях фундаментальных наук (физики, химии, биологии)	Более 200	6–9

Источник: составлено авторами по работе [4, с. 218]*Source:* Authoring, based on [4, p. 218]

Таблица 2

Инновационная активность организаций (удельный вес организаций, осуществлявших технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе обследованных организаций) в 2005–2017 гг., %

Table 2

Organizations developing technological, organizational, and marketing innovations in the total number of the surveyed organizations in 2005–2017, percentage

Показатель	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Инновационная активность организаций	9,7	9,9	10	9,4	9,3	9,5	10,4	10,3	10,1	9,9	9,3	8,4	8,5

Источник: Росстат

Source: Rosstat

Таблица 3

Внутренние затраты на исследования и разработки от валового внутреннего продукта в целом по Российской Федерации в 2005–2017 гг., %

Table 3

Domestic costs of research and development as a percentage of Gross Domestic Product across the Russian Federation in 2005–2017, percentage

Показатель	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Внутренние затраты на исследования и разработки от ВВП	1,07	1,07	1,12	1,04	1,25	1,13	1,01	1,03	1,03	1,07	1,10	1,10	1,11

Источник: Росстат

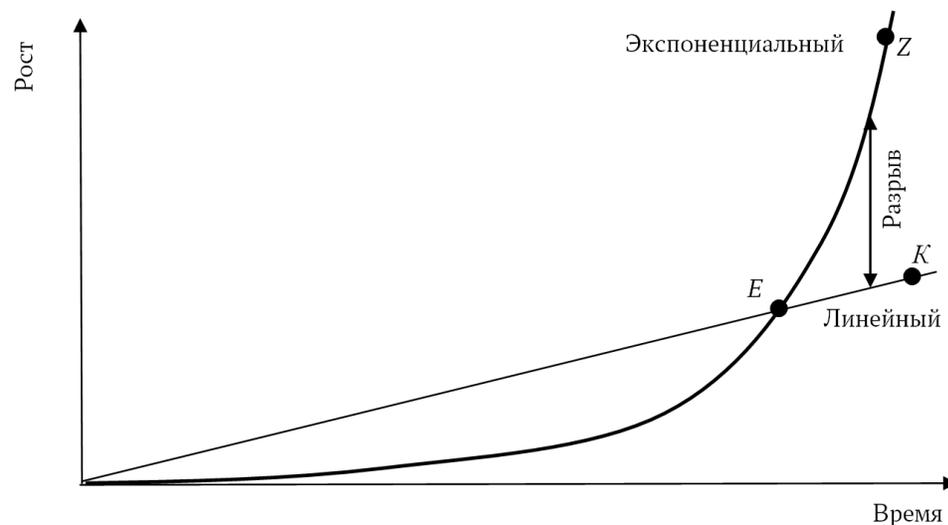
Source: Rosstat

Рисунок 1

Линейное и экспоненциальное развитие

Figure 1

Linear and exponential development



Источник: авторская разработка по работе [1]

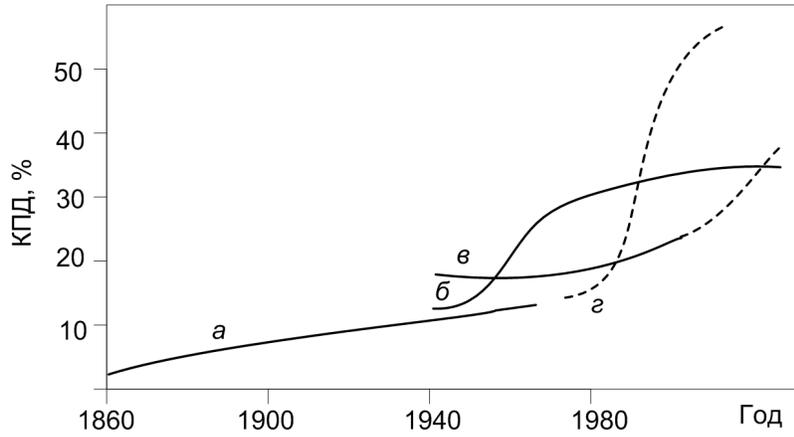
Source: Authoring, based on [1]

Рисунок 2

Реализация S-образных кривых на примере локомотивов: а – паровоз; б – тепловоз; в – электровоз; з – газотурбовоз

Figure 2

Implementation of S-curves on the locomotive case: а – steam locomotive; б – diesel locomotive; в – electric locomotive; з – gas turbine locomotive



Источник: Никифоров А.Д., Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф. Процессы управления объектами машиностроения. М.: Высшая школа, 2001. 455 с.

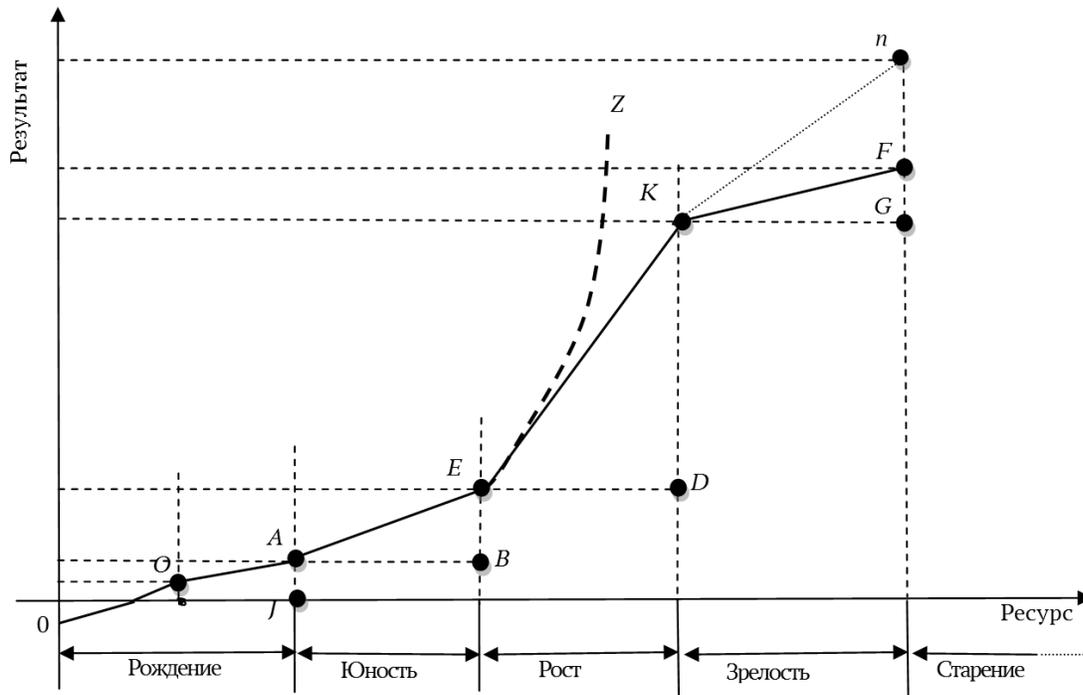
Source: Nikiforov A.D., Kovshov A.N., Nazarov Yu.F. *Protsessy upravleniya ob"ektami mashinostroeniya* [Processes in the management of engineering facilities]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2001, 455 p.

Рисунок 3

Отображение S-образной кривой с помощью линейно-кусочных функций

Figure 3

Mapping the S-curve using piecewise linear functions



Источник: авторская разработка

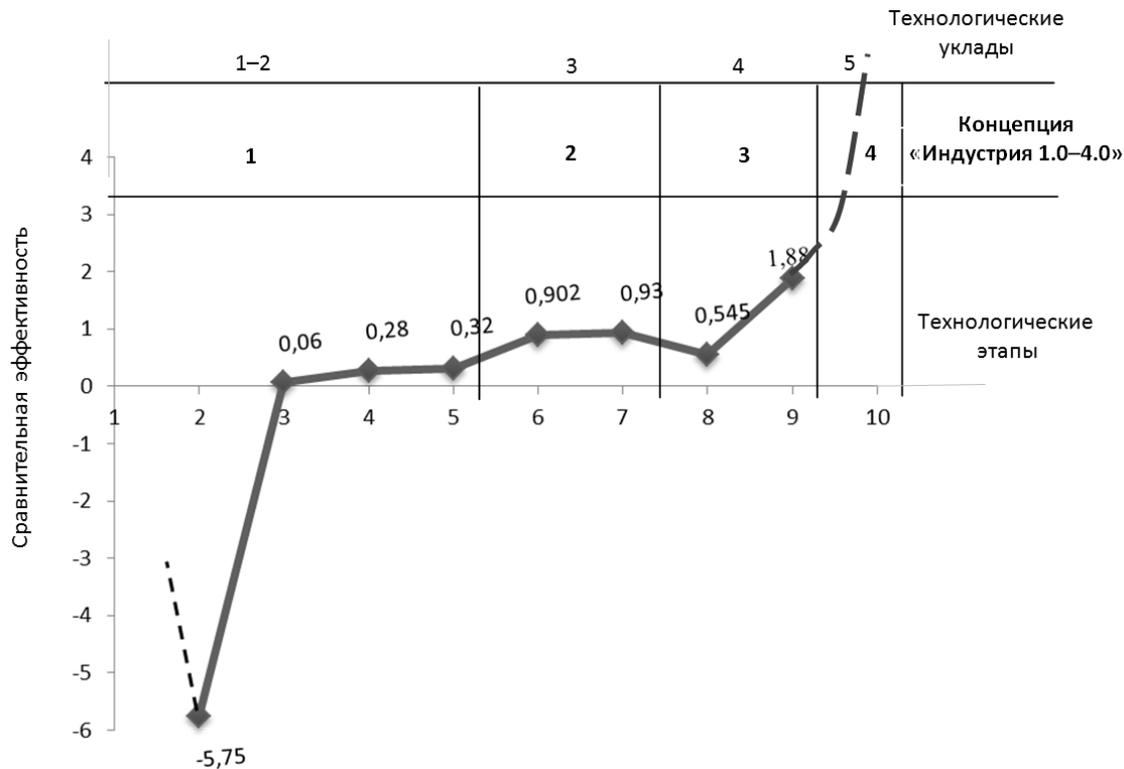
Source: Authoring

Рисунок 4

Изменение сравнительной эффективности (цепные темпы прироста) по этапам и укладам развития технологических систем

Figure 4

Change in the comparative effectiveness (chain growth) by stage and mode of technological system development



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Исмаил С., Мэлоун М., Ван Геест Ю. Взрывной рост. Почему экспоненциальные организации в десятки раз продуктивнее вашей (и что с этим делать). М.: Альпина Паблишер, 2017. 393 с.
2. Курцвейл Р. Эволюция разума, или бесконечные возможности человеческого мозга, основанные на распознавании образов. М.: Эксмо, 2018. 352 с.
3. Шваб К., Дэвис Н. Технологии четвертой промышленной революции. М.: Эксмо, 2018. 320 с.
4. Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Королев Д.С. Экономический анализ возможностей технологического развития России (на примере нанотехнологий) // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 9. С. 2–11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomicheskij-analiz-vozmozhnostey-tehnologicheskogo-razvitiya-rossii-na-primere-nanotehnologiy>
5. Мучник В.С., Голланд Э.Б. Экономические проблемы современного научно-технического прогресса. Новосибирск: Наука, 1984. 303 с.
6. Перес К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания. М.: Дело, 2013. 332 с.

7. Львов Д.С., Глазьев С.Ю. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы. 1986. № 5. С. 793–804.
8. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВладДар, 1993. 310 с.
9. Когденко В.Г. Особенности анализа компаний цифровой экономики // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. Вып. 3. С. 424–438.
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.3.424>
10. Любушин Н.Э., Бабичева Н.Э. Теоретические основы экономического анализа развития организаций и законы развития систем // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 36. С. 2–12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/teoreticheskie-osnovy-ekonomicheskogo-analiza-razvitiya-organizatsiy-i-zakony-razvitiya-sistem>
11. Глазьев С.Ю. Битва за лидерство в XXI веке. Россия – США – Китай. Семь вариантов обозримого будущего. М.: Книжный мир, 2017. 352 с.
12. Клейнер Г.Б. Устойчивость российской экономики в зеркале системной экономической теории // Вопросы экономики. 2015. № 12. С. 107–123.
URL: <https://www.econ.msu.ru/ext/lib/Article/x6f/x67/28519/file/Kleiner,%20voprosy%20ekonomiki%2012,2015+1,%202016.pdf>
13. Глазьев С.Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. СПб.: СПбГУП, 2011. 48 с.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

EXPONENTIAL GROWTH AND THE LAW OF CYCLIC DEVELOPMENT OF SYSTEMS

Nadezhda E. BABICHEVA^{a*}, Nikolai P. LYUBUSHIN^b, Anatolii I. LYLOV^c, Irina N. GURTOVAYA^d

^a Voronezh State University (VSU), Voronezh, Russian Federation
sigaeva@mail.ru
ORCID: not available

^b Voronezh State University (VSU), Voronezh, Russian Federation
lubushinnp@mail.ru
ORCID: not available

^c Voronezh State University (VSU), Voronezh, Russian Federation
lylov-vsuv@rambler.ru
ORCID: not available

^d Federal State Institution of Advanced Finance Professional Training Federal Tax Service Training Institute (FTS of Russia Training Institute), Nizhny Novgorod, Russian Federation
cpp604@sinn.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:

Received 15 October 2018
Received in revised form
31 October 2018
Accepted 9 November 2018
Available online
29 November 2018

JEL classification: O12, Q01

Keywords: exponential growth, digital economy, law of cyclic development, S-curves, technological stage

Abstract

Subject The article analyzes the combination of exponential growth of economic entities and the fundamental law of decreasing efficiency of evolutionary perfection of systems, which effect is displayed by S-shaped curves.

Objectives The aim is to explore the conditions under which economic entities transfer to exponential growth and disclose the efficiency of the transition.

Methods The paper employs general scientific principles and methods of research, like analysis and synthesis, grouping and comparison, abstraction, generalization, etc.

Results We distinguish specific areas of change in the comparative efficiency of technological systems' development (S-curves) and link them with technological stages, modes and the Industry 1.0–4.0 concept. As a result, we get corresponding S-curves for each period, and reveal a significant increase in cost efficiency in the transition to more advanced technological modes.

Conclusions Investments in traditional technological systems are not economically feasible. It is crucial to introduce systems that are specific to the digital economy and rest on theoretical innovations. Economic actors cannot grow continuously. Exponential growth is provided within the law of decreasing efficiency of evolutionary perfection of systems despite the law of cyclic development effect. As a result, numerous models used in system development forecasting prove inefficient. New approaches to forecasting the development of economic entities are needed. These approaches should rely on interconnected models and consider the opportunities of exponential growth of their effectiveness.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Babicheva N.E., Lyubushin N.P., Lylov A.I., Gurtovaya I.N. Exponential Growth and the Law of Cyclic Development of Systems. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 11, pp. 1996–2009. <https://doi.org/10.24891/ea.17.11.1996>

Acknowledgments

This article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 16-06-00390.

The article was supported by the Publishing house FINANCE and CREDIT's Information center at the Voronezh State University.

References

1. Ismail S., Malone M.S., Van Geest Yu. *Vzryvnoi rost. Pochemu eksponentsial'nye organizatsii v desyatki raz produktivnee vashei (i chto s etim delat')* [Exponential Organizations: Why New Organizations Are Ten Times Better, Faster, and Cheaper Than Yours (And What to Do About It)]. Moscow, Al'pina Publisher Publ., 2017, 393 p.
2. Kurzweil R. *Evolutsiya razuma ili beskonechnye vozmozhnosti chelovecheskogo mozga, osnovannye na raspoznavanii obrazov* [How to Create a Mind: The Secret of Human Thought Revealed]. Moscow, Eksmo Publ., 2018, 352 p.
3. Schwab K., Davis N. *Tekhnologii chetvertoi promyshlennoi revolyutsii* [Shaping the Fourth Industrial Revolution]. Moscow, Eksmo Publ., 2018, 320 p.
4. Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Korolev D.S. [Economic analysis of the opportunities for technological development of Russia (for example nanotechnologies)]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, no. 9, pp. 2–11.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomicheskii-analiz-vozmozhnostey-tehnologicheskogo-razvitiya-rossii-na-primere-nanotehnologiy> (In Russ.)
5. Muchnik V.S., Golland E.B. *Ekonomicheskie problemy sovremennogo nauchno-tehnicheskogo progressa* [Economic problems of modern scientific and technological progress]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984, 303 p.
6. Perez C. *Tekhnologicheskie revolyutsii i finansovyi kapital. Dinamika puzyrei i periodov protsvetaniya* [Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages]. Moscow, Delo Publ., 2013, 332 p.
7. L'vov D.S., Glaz'ev S.Yu. [Theoretical and applied aspects of technical progress management]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 1986, no. 5, pp. 793–804. (In Russ.)
8. Glaz'ev S.Yu. *Teoriya dolgosrochnogo tekhniko-ekonomicheskogo razvitiya* [The theory of long-term technical and economic development]. Moscow, VlaDar Publ., 1993, 310 p.
9. Kogdenko V.G. [Specifics of analysis of companies operating in the digital economy]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 3, pp. 424–438. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.3.424>
10. Lyubushin N.E., Babicheva N.E. [Theoretical foundations of economic analysis, development organizations and laws of development systems]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2012, no. 36, pp. 2–12.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/teoreticheskie-osnovy-ekonomicheskogo-analiza-razvitiya-organizatsiy-i-zakony-razvitiya-sistem> (In Russ.)
11. Glaz'ev S.Yu. *Bitva za liderstvo v XXI veke. Rossiya – SShA – Kitai. Sem' variantov obozrimogo budushchego* [A battle for leadership in the 21st century. Russia – USA – China. Seven options for the foreseeable future]. Moscow, Knizhnyi mir Publ., 2017, 352 p.
12. Kleiner G.B. [Sustainability of Russian Economy in the Mirror of the System Economic Theory]. *Voprosy Ekonomiki*, 2015, no. 12, pp. 107–123.
URL: <https://www.econ.msu.ru/ext/lib/Article/x6f/x67/28519/file/Kleiner,%20voprosy%20ekonomiki%2012,2015+1,%202016.pdf> (In Russ.)

13. Glaz'ev S.Yu. *Strategiya operezhayushchego razvitiya Rossii v usloviyakh global'nogo krizisa* [The strategy of advanced development of Russia under the global crisis]. St. Petersburg, Saint-Petersburg University of the Humanities and Social Sciences Publ., 2011, 48 p.

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.