

DOI: 10.18721/JE.11303
УДК 338.3

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

В.С. Жаров

Филиал Мурманского арктического государственного университета,
г. Апатиты, Российская Федерация;

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина Федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты, Российская Федерация

Для реализации стратегии «Индустрия 4.0» и повышения темпов экономического роста в России необходима цифровизация процессов управления экономическим развитием производственных систем во взаимосвязи с их технологическим развитием. Показано, что практическая интерпретация теории эндогенного экономического роста возможна на моделях технологического развития отдельных фирм. Выявлена идентичность показателя темпа технического прогресса в моделях экзогенного экономического роста и предложенного нами коэффициента уровня технологичности производства, который может быть количественно определен по данным статистической отчетности. Его абсолютное значение зависит от уровня фондовооруженности производственных систем, а рост связан с существенным обновлением активной части основных фондов на новой технологической основе. Определено, что технологическое развитие производственных систем возможно в четырех направлениях, но первое и четвертое направления могут реализовываться в двух вариантах, что отражает соответствующая матрица. Рассмотрены взаимосвязь этих направлений и последовательность перехода одного направления в другое, характеризующая жизненный цикл технологического развития производственных систем. Представлена графическая модель такого цикла, включающая шесть стадий. Для каждой стадии развития определен экономический показатель – индикатор (материалоотдача, фондоотдача или коэффициент уровня технологичности развития). Разработан практический способ расчета момента времени, показывающего завершение каждой отдельной стадии. Показано, как переход одной стадии в другую оказывает влияние на изменение себестоимости продукции предприятий. Определены оптимальные моменты времени смены технологии производства либо ее совершенствования. При этом выявлено, что новая техника или технология для дальнейшего повышения эффективности производства должна обеспечивать необходимый уровень фондоотдачи, предложен способ расчета этого уровня. Для управления эффективным технологическим и экономическим развитием производственных систем необходимо дополнительно включить в систему сбалансированных показателей коэффициент уровня технологичности производства и инвестиционно-инновационный леверидж. Предложено использовать взаимосвязь процессов технологического и экономического развития производственных систем с расчетом соответствующих показателей при проведении инвестиционно-инновационного анализа и прогнозирования результатов инновационной деятельности, что и определяет возможность цифровизации управления этими процессами.

Ключевые слова: модели эндогенного экономического роста, матрица направлений технологического развития, производственная система, стадии жизненного цикла технологий, показатели-индикаторы стадий, коэффициент уровня технологичности развития

Ссылка при цитировании: Жаров В.С. Взаимосвязь технологического и экономического развития производственных систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 3. С. 32–44. DOI: 10.18721/JE.11303

THE INTERRELATION OF TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF PRODUCTION SYSTEMS

V.S. Zharov

The Murmansk branch of the Arctic state University in Apatity, Apatity, Russian Federaton;
Luzin Institute for Economic Studies — Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science
Centre of the Russian Academy of Sciences» (IES KSC RAS), Apatity, Russian Federaton

To implement the "industry 4.0" strategy and increase the rate of economic growth in Russia, it is necessary to digitalize the management processes of economic development of production systems in conjunction with their technological development. It is shown that the practical interpretation of the theory of endogenous economic growth is possible on the models of technological development of individual companies. The indicator of the technological progress rate has been identified for the models of exogenous economic growth and the coefficient of the technological production level has been proposed, which can be quantified according to statistical reports. Its absolute value depends on the level of capital equipment of production systems, and the growth is associated with a significant update of the active part of fixed assets on a new technological basis. It is established that technological development of production systems is possible in four directions, but the first and fourth directions can be realized in two variants reflected in the corresponding matrix. We have investigated the relationship between these areas and the sequence of transition from one direction to another, characterizing the life cycle of technological development of production systems. We have presented a graphical model of such a cycle including six stages. For each stage of development, the economic indicator (material efficiency, capital efficiency or coefficient of level of technological development) is defined. We have developed a practical method for calculating the moment of time showing the completion of each individual stage. It is shown how the transition of one stage to another has an impact on the change in the cost of production of enterprises. Optimum moments of time for changing the production technology or improving it are defined. Thus, it is revealed that the new equipment or technology for further increasing the production efficiency has to provide the necessary level of capital productivity, and the way of calculating this level is offered. To manage the effective technological and economic development of production systems, it is necessary to additionally include the coefficient of the level of technological efficiency of production and the investment and innovation leverage in the system of Balanced Indicators. It is offered to use the interrelation of processes of technological and economic development of production systems with calculation of the corresponding indicators when carrying out the investment and innovation analysis and forecasting of results of innovative activity, which determines the possibility of digitalization of management of these processes.

Keywords: models of endogenous economic growth, matrix areas of technological development, manufacturing system, life cycle stages of technologies, output indicators of stages, ratio of level of technological development, investment and innovation leverage

Citation: V.S. Zharov, The interrelation of technological and economic development of production systems, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 11 (3) (2018) 32–44. DOI: 10.18721/JE.11303

Введение. С середины 1980-х гг. зарубежными учеными активно развивается теория эндогенного экономического роста, которая пришла на смену неоклассической теории экзогенного экономического роста, так как важнейший фактор экономического роста в современных условиях — технический прогресс — в неоклассических моделях является внешне заданным параметром [1]. В то же время эндогенный экономический рост зависит от экономической деятельности человека [2]. Предшественником

современной концепции эндогенного экономического роста считается Й. Шумпетер. Он в своей «Теории экономического развития» показал, что технический прогресс является следствием деятельности монополий, которые для извлечения сверхприбыли вынуждены использовать нововведения [3]. При этом происходит процесс созидательного разрушения, когда происходит смена монополий в результате внедрения новых технологий или производства новых товаров.

В своем развитии теория эндогенного экономического роста прошла несколько этапов (периодов). На первом этапе разработанные модели П. Ромера [4], Р. Лукаса [5] и С. Ребело [6] использовали в качестве внутреннего источника экономического роста человеческий капитал и внешний эффект обучения, но модели второго этапа уже сосредоточились на объяснении влияния на экономический рост технического прогресса и реализации инноваций (модели «Research & Development» П. Ромера [7], Агийона и Хьюитта [8], Гроссмана и Хелпмана [9] и др.). При этом рассматривается и положительное влияние на экономический рост государственной экономической политики, стимулирующей внедрение инноваций, а также влияние на принятие решений в области экономического развития отдельных экономических агентов-индивидов, в том числе фирм. Это позволило приблизить модели к практической действительности, так как появилась возможность проверять теоретические предпосылки, заложенные в моделях, на реальных статистических материалах. Однако до сих пор одной из важнейших проблем теории эндогенного экономического роста является проблема совмещения получаемых решений на микро-, мезо- и макроэкономическом уровнях экономики государств [10], но, как отмечает К. Допфер [11], движение экономической мысли должно быть направлено от микро- к мезо- и макроуровню.

Методика исследования. В Советском Союзе в 1980-х гг. активно развивались научные исследования, связанные с необходимостью реализации стратегии ускорения научно-технического прогресса (НТП) для повышения эффективности экономического развития страны, в том числе в области планирования и прогнозирования уровня НТП. Значительный вклад в методологию оценки влияния НТП на перспективы развития отдельных отраслей экономики СССР и экономики страны в целом внесли труды ученых под руководством академика В.А. Трапезникова [12]. При этом С.В. Дубовским [12] была предпринята попытка оценить влияние НТП на микроэкономическом уровне за счет замены производственной функции производственным функционалом, учета разновременности создания производственных фондов и ввода количественной характеристики научно-технического прогресса в виде показателя

«технологический уровень системы». Вычисления по моделям показали, что при постоянной фондоотдаче этот уровень равен фондовооруженности, а его изменение связано с изменением фондоотдачи и рядом других факторов (оплатой живого труда основных фондов и научных исследований). В эти же годы В.А. Трапезниковым для оценки влияния НТП на развитие сложных систем предложено использовать показатель «уровня знаний и умений», который, во-первых, характеризует уровень знаний, накопленных в соответствующей экономической системе (отраслях промышленности), и, во-вторых, уровень квалификации управленческих работников на всех уровнях управленческой иерархии. В [12] показано, что при определенных условиях, задаваемых в моделях С.В. Дубовского, рассматриваемые показатели совпадают.

Нами в [13] для объяснения пропорциональной взаимосвязи между показателями материалоемкости и фондоемкости введено понятие «коэффициент уровня технологичности производства». Его абсолютное значение зависит от уровня фондовооруженности предприятия, отрасли или вида деятельности. Например, в 2015 г. в добывающей промышленности регионов Арктики оно составляло 4–11 р./р., а в обрабатывающей – 0,5–1 р./р. Соответственно фондовооруженность в добывающей промышленности значительно выше, чем в обрабатывающей (10–60 млн р./чел. против 0,4–3 млн р./чел.). Увеличение значения этого коэффициента в основном зависит от степени обновления активной части основных фондов предприятия (машин и оборудования, транспортных средств), т. е. по сути – от уровня знаний, вложенных в производство новой техники и технологии, но очевидно, что эффективность деятельности работников системы управления предприятием тоже должна влиять, хотя и в меньшей степени, на это изменение. Таким образом, показатель уровня знаний и умений, предложенный В.А. Трапезниковым, по экономическому смыслу практически полностью совпадает с предложенным нами коэффициентом уровня технологичности производства, т. е. эти показатели определяют количественную оценку влияния технического прогресса на развитие предприятий. Однако наш, второй, показатель, в отличие от первого, имеет простой количественный расчет и на уровне отдельного предприятия,

и на уровне отрасли либо вида экономической деятельности региона и страны в целом, и на уровне реального сектора экономики отдельного государства, так как необходимые для расчетов показатели материалоемкости и фондоемкости на всех уровнях управления отражаются в соответствующих статистических данных. В результате появляется возможность взаимосвязанного управления технологическим развитием предприятий, отраслей, экономики регионов и страны в целом, т. е. на микро-, мезо- и макроуровне.

Результаты исследования. В [14] нами показано, что любая промышленная система (предприятие, отрасль, совокупность отраслей) может технологически развиваться только в четырех направлениях, но в двух из них возможно по два варианта развития. При этом каждая смена направлений или вариантов направлений определяется соответствующим индикатором в виде изменения значений материалоемкости, фондоотдачи или коэффициента уровня технологичности производства в противоположном направлении (рис. 1), а динамика значений коэффициента уровня технологичности производства (k) показывает темп технического прогресса (табл. 1).

МЕ

Рост МЕ Снижение ФО Уменьшение k	IV-1	Рост МЕ Рост ФО Уменьшение k	III
Рост МЕ Снижение ФО Увеличение k	IV-2		
Снижение МЕ Снижение ФО Увеличение k	II	Снижение МЕ Рост ФО Уменьшение k	I-2
		Снижение МЕ Рост ФО Увеличение k	I-1

ФО

Рис. 1. Матрица и индикаторы направлений технологического развития промышленных систем

Fig. 1. Matrix and indicators of technological development of industrial systems

МЕ – материалоемкость продукции; ФО – фондоотдача основных фондов; k – коэффициент уровня технологичности производства; I–IV – номера направлений развития предприятия и их варианты. Жирным шрифтом выделены индикаторы перехода системы на соответствующее направление или вариант направления технологического развития

Приведенная матрица дает представление о том, каким образом технологически может развиваться и увеличивать свою прибыль любое предприятие. В начале внедрения новой технологии предприятие развивается по второму направлению, когда идет процесс интенсивного обновления активной части основных фондов. При этом темпы роста выручки от продаж пока отстают от темпов роста объема основных фондов. Далее, при освоении новой технологии, предприятие переходит на инновационно-эффективный путь развития (первое направление). Индикатором начала перехода является рост значения показателя фондоотдачи. Однако со временем технология устаревает, а ее частичная модернизация позволяет пока еще снизить материалоемкость и обеспечивать рост фондоотдачи, но предприятие уже переходит на развитие по траектории I-2. Индикатором перехода будет снижение значения коэффициента уровня технологичности производства. Если в течение такого развития не принимать мер по дальнейшему технологическому обновлению производства, предприятие будет вынуждено развиваться по третьему направлению (неинновационно-эффективному), когда частичная модернизация технологии уже не позволит уменьшать материалоемкость продукции.

Таким образом, рост материалоемкости является индикатором начала этого процесса. Однако далее наступает такой момент времени, когда существенный износ основных фондов без их обновления определяет переход предприятия на неинновационный и неэффективный путь развития (четвертое направление). Индикатором этого является снижение уровня фондоотдачи основных фондов. Если предприятие будет развиваться таким образом длительное время, то существенное увеличение себестоимости единицы продукции приведет к потере прибыли и возможному банкротству предприятия. Если руководство предприятия понимает сложившуюся ситуацию, тогда снова начинается процесс обновления фондов и внедрения другой новой технологии производства. Индикатором начала процесса является увеличение значения коэффициента уровня технологичности производства.

Таблица 1

Индикаторы направлений развития видов промышленного производства регионов Арктики
Indicators of the directions of development of types of industrial production in the Arctic regions

Вид производства	Показатель	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<i>Ненецкий автономный округ</i>								
Добыча	МЕ	0,207	0,253	0,286	0,330	0,282	0,272	0,268
	ФО	0,986	0,590	0,595	0,509	0,493	0,455	0,418
	k	4,90	6,69	5,87	5,95	7,19	8,07	8,91
	№		4-2	3	4-2	2	2	2
Переработка	МЕ	0,611	0,746	0,610	0,592	0,524	0,905	0,947
	ФО	2,654	4,212	3,050	3,455	1,889	10,670	19771
	k	0,61	0,32	0,54	0,49	1,01	0,10	0,05
	№		3	2	1-2	2	3	3
Производство электро- энергии, газа и воды	МЕ	0,195	0,224	Н.д	0,471	0,413	0,343	0,357
	ФО	1,269	0,837	Н.д	0,750	0,825	0,888	0,801
	k	4,02	5,33	Н.д	2,83	2,93	3,28	3,50
	№		4-2		4-1	1	1	4-2
<i>Мурманская область</i>								
Добыча	МЕ	0,469	0,431	0,407	0,421	0,405	0,524	0,460
	ФО	1,312	1,246	0,599	0,527	0,583	0,428	0,489
	k	1,62	1,86	4,10	4,50	4,24	4,46	4,44
	№		2	2	4-2	1-2	4-2	1-2
Переработка	МЕ	0,256	0,539	0,546	0,614	0,625	0,650	0,683
	ФО	1,895	2,971	2,590	2,707	2,273	2,667	3,027
	k	2,06	0,62	0,71	0,60	0,70	0,58	0,48
	№		3	4-2	3	4-2	3	3
Производство электро- энергии, газа и воды	МЕ	0,629	0,656	0,680	0,678	0,673	0,655	0,607
	ФО	0,584	0,617	0,482	0,491	0,456	0,327	0,377
	k	2,72	2,47	3,05	3,01	3,26	3,85	4,37
	№		3	4-2	1-2	2	2	1
<i>Ямало-Ненецкий автономный округ</i>								
Добыча	МЕ	0,257	0,329	0,308	0,305	0,318	0,295	0,264
	ФО	0,421	0,255	36,683	0,301	0,325	0,318	0,330
	k	9,26	11,92	0,09	10,89	9,69	10,69	11,48
	№		4-2	1-2	2	3	2	1
Переработка	МЕ	0,674	0,857	0,891	0,876	0,848	0,856	0,877
	ФО	3,882	2,515	1,388	2,584	3,189	0,905	6,248
	k	0,38	0,46	0,81	0,44	0,38	1,29	0,18
	№		4-2	4-2	1-2	1-2	4-2	3

Окончание табл. 1

Вид производства	Показатель	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Производство электроэнергии, газа и воды	МЕ	0,504	0,428	0,347	0,419	0,350	0,320	0,366
	ФО	0,397	0,292	0,282	0,296	0,351	0,247	0,222
	k	4,99	7,99	9,34	8,05	8,14	12,68	12,34
	№		2	2	3	1	2	4-1
<i>Республика Саха (Якутия)</i>								
Добыча	МЕ	0,356	0,276	0,261	0,269	0,278	0,278	0,279
	ФО	1,036	1,090	0,928	0,976	0,914	0,960	0,923
	k	2,71	3,33	4,14	3,80	3,94	3,74	3,89
	№		1	2	3	4-2	1-2	4-2
Переработка	МЕ	0,623	0,669	0,652	0,614	0,652	0,686	0,700
	ФО	1,687	1,711	1,879	1,888	1,983	2,282	2,175
	k	9,54	0,87	0,82	0,86	0,77	0,64	0,66
	№		3	1-2	1	3	3	4-2
Производство электроэнергии, газа и воды	МЕ	0,622	0,572	0,557	0,551	0,568	0,534	0,484
	ФО	0,430	0,446	0,468	0,455	0,369	0,352	0,367
	k	3,74	3,92	3,83	3,99	4,78	5,32	5,63
	№		1	1-2	2	4-2	2	1
<i>Чукотский автономный округ</i>								
Добыча	МЕ	0,650	0,581	0,517	0,494	0,576	0,620	0,612
	ФО	2,127	2,217	2,207	1,680	1,096	1,675	2,023
	k	0,72	0,78	0,88	1,20	1,58	0,96	0,81
	№		1	2	2	4-2	3	1-2
Переработка	МЕ	0,824	0,414	0,639	0,849	0,867	0,826	0,649
	ФО	40,143	0,541	0,670	0,541	0,585	0,959	0,799
	k	0,03	4,46	2,33	2,18	1,97	1,26	1,93
	№		2	3	4-1	3	1-2	2
Производство электроэнергии, газа и воды	МЕ	0,355	0,209	0,150	0,296	0,385	0,262	0,299
	ФО	0,495	0,527	0,384	0,526	0,497	0,402	0,411
	k	5,68	9,06	17,33	6,42	5,22	9,49	8,14
	№		1	2	3	4-2	2	3

Примечание. МЕ – материалоемкость продукции, ФО – фондоотдача, k – коэффициент уровня технологичности производства, № – номер направления развития (с вариантом или без варианта)

Когда новая технология начнет эффективно функционировать, тогда материалоемкость продукции начнет снова снижаться, что и будет индикатором перехода предприятия вновь на второе направление развития. В табл. 2 и 3 показана динамика ос-

новных экономических показателей технологического развития двух крупных промышленных предприятий Севера России (ПАО АК «Алроса» и АО «Кольская ГМК»), которая фактически подтверждает вышеизложенное.

Таблица 2

Динамика основных экономических показателей технологического развития ПАО АК «Алроса» за 2010–2016 гг.

Dynamics of key economic indicators of PJSC ALROSA's technological development for the 2010–2016

Показатель	Единица измерения	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Материалоемкость	руб./руб.	0,267	0,250	0,273	0,272	0,244	0,185	0,143
Фондоотдача основных средств по первоначальной стоимости на конец года	руб./руб.	0,505	0,603	0,598	0,616	0,657	0,525	0,686
Коэффициент уровня технологичности производства	руб./руб.	7,33	6,64	6,19	6,00	6,33	8,64	10,19
Номер направления развития	№	1-2	1-2	4-1	1-2	1-1	2	1-1
Фондоотдача основных средств по остаточной стоимости на конец года	руб./руб.	0,704	0,880	0,886	0,945	1,022	0,880	1,144
Коэффициент уровня технологичности производства	руб./руб.	5,26	4,55	4,18	3,89	4,01	5,14	6,11
Номер направления развития	№	1-2	1-2	3	1-2	1-1	2	1-1
Фондоотдача активной части основных средств по первоначальной стоимости на конец года	руб./руб.	1,757	1,992	1,776	1,934	2,033	1,845	2,427
Коэффициент уровня технологичности производства	руб./руб.	2,11	2,01	2,09	1,91	2,05	2,46	2,88
Номер направления развития	№	1-2	1-2	4-1	1-2	1-1	2	1-1
Фондоёмкость активной части основных средств по остаточной стоимости на конец года	руб./руб.	4,444	5,181	3,937	4,762	4,950	5,208	6,410
Коэффициент уровня технологичности производства	руб./руб.	0,83	0,77	0,93	0,77	0,83	0,87	1,09
Номер направления развития	№	1-1	1-2	4-1	1-2	1-1	1-1	1-1
Производительность труда	млн руб./чел.	3,094	3,888	4,152	4,564	5,310	6,280	9,057
Фондовооруженность труда по первоначальной стоимости основных средств на конец года	тыс. руб./чел.	6122	6450	6939	7405	8134	11966	13199

Таким образом, рассматриваемая матрица позволяет сформировать графическую модель жизненного цикла технологического развития предприятий, отраслей, регионов и реального сектора экономики страны (см. рис. 2), каждая стадия которого определяет улучшение или ухудшение использования видов экономических ресурсов

(материальных, физического капитала, т. е. основных фондов, и трудовых) через изменение значений материалоемкости (МО) и фондоотдачи (ФО), а значит и производительности труда (ПТ). При этом эти показатели напрямую влияют на значение себестоимости продукции и прибыль предприятия.

Таблица 3

Динамика основных экономических показателей технологического развития АО «Кольская ГМК» за 2010–2016 гг.

Dynamics of the main economic indicators of technological development of JSC «Kola MMC» for the 2010–2016

Показатель	Единица измерения	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Материалоемкость	руб./руб.	0,254	0,341	0,360	0,376	0,299	0,307	0,385
Фондоотдача основных средств по первоначальной стоимости на конец года	руб./руб.	1,581	1,363	1,188	0,949	1,141	1,167	0,953
Коэффициент уровня технологичности производства	руб./руб.	2,49	2,15	2,34	2,80	2,93	2,79	2,73
Номер направления развития	№	1-2	4-1	4-2	4-2	1-1	3	4-1
Фондоотдача основных средств по остаточной стоимости на конец года	руб./руб.	2,695	2,272	2,095	1,761	2,181	2,291	1,954
Коэффициент уровня технологичности производства	руб./руб.	1,46	1,29	1,33	1,51	1,53	1,42	1,33
Номер направления развития	№	1-2	4-1	4-2	4-2	1-1	3	4-1
Фондоотдача активной части основных средств по первоначальной стоимости на конец года	руб./руб.	2,662	2,369	1,973	1,555	1,847	1,835	1,481
Коэффициент уровня технологичности производства	руб./руб.	1,48	1,24	1,41	1,71	1,81	1,77	1,75
Номер направления развития	№	1-2	4-1	4-2	4-2	1-1	4-1	4-1
Фондоёмкость активной части основных средств по остаточной стоимости на конец года	руб./руб.	5,351	4,831	4,170	3,488	4,207	4,169	3,356
Коэффициент уровня технологичности производства	руб./руб.	0,74	0,61	0,67	0,76	0,79	0,78	0,77
Номер направления развития	№	1-2	4-1	4-2	4-2	1-1	4-1	4-1
Производительность труда	млн руб./чел.	1692	1971	2149	2299	2417	2612	2835
Фондовооруженность труда по первоначальной стоимости основных средств на конец года	тыс. руб./чел.	4504	4670	4241	3575	4463	4792	4287

В результате появляется возможность одновременного управления процессом как технологического, так и экономического, развития производственных систем и цифровизации этого процесса. Теоретически очевидно, что наилучшим моментом времени смены технологии производства является T_1 , соответствующий точке бифуркации А, однако эта смена должна произойти в течение интервала времени ($T_1 - T_0$), так как момент времени T_0 показывает начало снижения эффективности применяемой технологии производства в виде уменьшения значения коэффициента уровня

технологичности производства. Если это своевременно не будет обеспечено, то тогда сначала будет снижаться МО (до уровня в точке В), а затем одновременно начнет снижаться и фондоотдача. Если этот процесс не остановить в точках В или С, то тогда потеря прибыли приведет предприятие к банкротству. Соответственно чем раньше после момента времени T_1 начнется переход на новую технологию производства (до момента времени T_2 либо T_3 включительно), тем быстрее предприятие сможет снова повышать МО после очередной точки бифуркации.

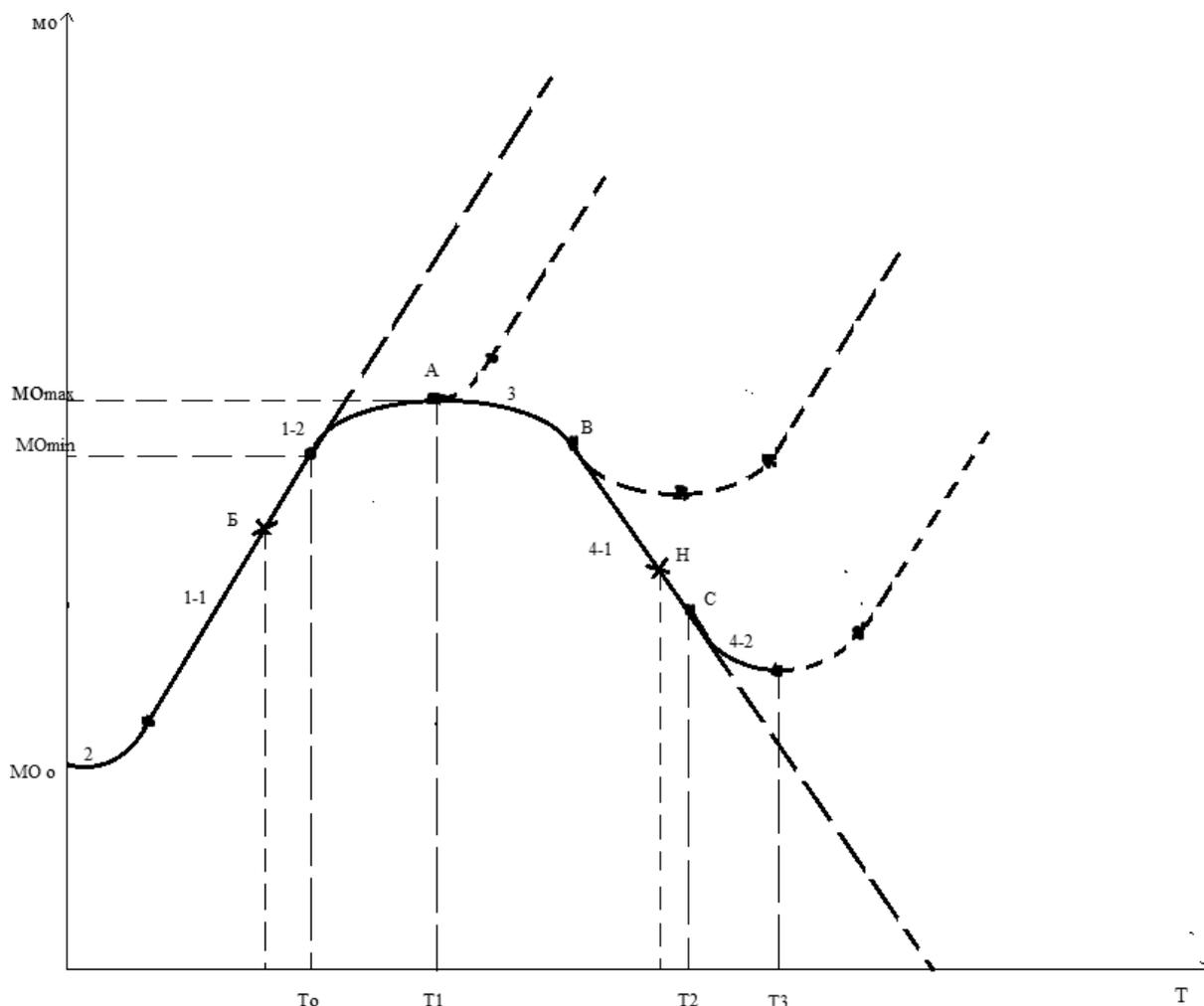


Рис. 2. График жизненного цикла технологического развития производственных систем
Fig. 2. Schedule of the life cycle of technological development of production systems

Таким образом, на основе соответствующих данных развития различных производственных систем можно определить, во-первых, по какому направлению или варианту развивается та или иная система. Во-вторых, можно рассчитать экономический ущерб в виде недополучаемой прибыли от развития системы не по самому эффективному направлению за тот или иной период времени. В-третьих, можно оценить экономическую эффективность реализации инвестиционного проекта внедрения в производство новой техники и/или технологии с учетом его будущего влияния на эффективность развития производственной системы в целом. В-четвертых, можно рассмотреть возможности перехода любой системы на более экономически эффективное направление раз-

вития в перспективе в процессе планирования и целевого прогнозирования.

В практических расчетах оценки эффективности деятельности предприятий очень важным обстоятельством является определение фактической продолжительности периодов времени отдельных стадий жизненного цикла технологического развития. Для этого, во-первых, можно использовать формулу расчета коэффициента уровня технологичности производства через показатель материалоотдачи: $k = MO / \Phi O$. Во-вторых, на каждой стадии нужно анализировать темпы изменения значений показателей материалоотдачи и фондоотдачи. Для этого желательно иметь такие данные по отдельным месяцам или кварталам, так как в течение года может произойти смена стадий.



Рассмотрим эти условия для каждой отдельной стадии. На первой стадии (второе направление развития) материалоотдача растет, а фондоотдача уменьшается, но при этом темпы уменьшения постепенно снижаются до нуля в конце этой стадии. Таким образом, имея данные по этим темпам за три или более промежутка времени первой стадии, можно построить графическую либо регрессионную зависимость этих темпов от периода времени. Соответственно момент времени, в котором темпы уменьшения значения фондоотдачи будут равны нулю, и определяет окончание первой стадии.

Вторая стадия соответствует инновационно-эффективному (первому) направлению технологического развития, при котором повышаются значения всех трех индикаторов – материалоотдачи, фондоотдачи и коэффициента уровня технологичности развития. Для предприятия желательно, чтобы эта стадия продолжалась как можно дольше, однако ее окончанием является момент времени, при котором темпы прироста значений МО и ФО, сравниваются, после чего темпы прироста МО будут меньше ФО и, соответственно, значение k начнет уменьшаться. В результате тревожным сигналом приближения завершения второй стадии будет начало замедления темпов прироста значения МО (точка Б на рис. 2).

Таким образом, с практической точки зрения нужно начинать совершенствовать технологию производства именно с этого момента времени, но если не будет необходимого положительного результата (т. е. темпы прироста МО не будут далее снижаться), тогда необходимо начинать работу по внедрению новой технологии производства, которая должна завершиться не позднее окончания третьей стадии рассматриваемого жизненного цикла, если предприятие желает продолжать снижать себестоимость единицы выпускаемых видов продукции за счет снижения уровня ее материалоемкости. На третьей стадии, соответствующей второму варианту первого направления технологического развития, темпы прироста МО будут продолжать снижаться до нуля, что и будет свидетельствовать о завершении этой стадии.

На следующей, четвертой, стадии (третье направление технологического развития) при снижении МО, т. е. росте материалоемкости и

повышении за счет этого себестоимости единицы продукции предприятия, фондоотдача еще будет продолжать увеличиваться, т. е. производительность труда за счет этого фактора еще будет повышаться, но темпы прироста значений фондоотдачи уже начинают снижаться. Соответственно завершением этой стадии будет момент времени, при котором эти темпы будут равны нулю. Таким образом, если предприятие желает и далее увеличивать производительность труда интенсивным путем, а не только экстенсивным за счет роста фондовооруженности труда, то тогда до или, в крайнем случае, после завершения этой стадии оно должно переходить на путь технологического обновления производства.

Если же этого не произойдет, то предприятие на следующей, пятой, стадии переходит на четвертый, наихудший из всех возможных, путь развития (не инновационный и не эффективный), когда одновременно снижаются значения всех трех индикаторов, но темпы снижения уровня МО будут больше темпов снижения уровня фондоотдачи, и поэтому значение k будет и далее снижаться. Соответственно себестоимость единицы продукции предприятия начнет повышаться еще больше за счет увеличения доли амортизационных отчислений вследствие снижения уровня фондоотдачи. В конечном счете потеря прибыли приведет предприятие к банкротству, однако если на этой стадии оно начнет технологическое обновление производства, то тогда может наступить благоприятный момент времени, когда темпы снижения МО будут замедляться (точка Н на рис. 2). В таком случае эта стадия завершится в момент времени равенства темпов снижения МО и ФО, и начнется последняя, шестая, стадия жизненного цикла технологического развития предприятия.

На этой стадии, соответствующей второму варианту четвертого направления развития, материалоотдача еще будет продолжать снижаться, но уже меньшими темпами, чем фондоотдача. В результате значение коэффициента k снова начнет расти. Завершением этой стадии будут нулевые темпы снижения МО, после чего начнется новый цикл технологического развития предприятия и МО снова будет увеличиваться.

Совершенствование существующей либо внедрение новой технологии производства

предполагает разработку и реализацию соответствующего инвестиционного проекта или, как минимум, выполнение необходимых технико-экономических расчетов по обоснованию экономической эффективности предполагаемых мероприятий (например, при замене устаревших машин и оборудования новыми более производительными видами). Тогда возникает вопрос – какие значения показателей MO , FO и k должны иметь новая техника и технология, чтобы не снизить, а увеличить уровень их значений в целом по предприятию? Очевидно, что при использовании существующей техники и технологии производства предприятие не сможет увеличить значение коэффициента k сверх уровня, который у предприятия может быть при завершении второй стадии цикла технологического развития, а значение MO при этом не может быть выше уровня, которого предприятие могло бы достигнуть при завершении третьей стадии (MO_{max} на рис. 2). В результате использования этих соображений и определяется минимально необходимое значение фондоотдачи. Однако необходимо иметь в виду, что предлагаемый k реализации инвестиционный проект может иметь положительное значение чистой приведенной стоимости (NPV) и требуемое значение внутренней нормы доходности (IRR), но при этом не обеспечит требуемое значение уровня фондоотдачи, так как ее расчет не предполагается при использовании действующей в России и за рубежом методологии оценки экономической эффективности инвестиционных проектов [15–17].

Также необходимо отметить, что во всех предлагаемых выше расчетах значений показателей ME или MO и их изменений на соответствующих стадиях жизненного цикла технологического развития предприятий предполагается обеспечение сопоставимости по уровню цен на материальные ресурсы в различные периоды времени, а также по уровню цен на выпускаемую предприятиями продукцию. Хотя, с другой стороны, для предприятия важна реальная прибыль, а не условно расчетная, поэтому внедрение новой техники и технологии должно перекрывать возможное снижение материалоотдачи и за счет повышения уровня цен на материальные ресурсы.

В широкоизвестной с 1990-х гг. системе сбалансированных показателей (ССП) Р. Ка-

плана и Д. Нортон показатель себестоимости продукции признается одним из важнейших параметров оценки основных внутренних бизнес-процессов [18, с. 117], однако как и при оценке эффективности инвестиционных проектов [19], в этой системе не рассматривается влияние внедрения новой технологии производства на изменение значений отдельных элементов себестоимости, а значит, и на возможности увеличения за счет этого прибыльности единицы продукции и общего объема прибыли предприятия. В то же время формирование на перспективу целевых (управляющих) значений инвестиционно-инновационного левериджа (ИИЛ) [20] и коэффициента уровня технологичности развития k позволяет определять на основе использования разработанной нами динамической имитационной модели аналитического типа [5] прогнозируемые значения показателей материалоемкости, фондоотдачи и производительности труда, т. е. определять будущую структуру затрат предприятия, а значит и объем ожидаемой предприятием прибыли и все связанные с ней финансово-экономические показатели, в том числе необходимый и возможный (для обеспечения необходимого уровня финансовой устойчивости) объем инвестиций, а также объемы налогов всех уровней бюджетной системы.

Таким образом, обобщая вышеизложенное, можно констатировать, что появляется реальная возможность управления процессом технологической модернизации экономики страны, в том числе в рамках ее новой индустриализации (реализации стратегии «Индустрия 4.0»). Для этого необходимо развивать новый вид экономического анализа деятельности производственных систем – инвестиционно-инновационный (ретроспективный, текущий и перспективный (прогнозный)).

Выводы. 1. С точки зрения теории эндогенного экономического роста изменение значения коэффициента уровня технологичности производства определяет темп технического прогресса, так как оно зависит от степени обновления активной части основных производственных фондов. При этом его абсолютное значение в экономике страны рассчитывается одинаковым способом на микро-, мезо- и макроуровнях на основе статистических данных.



2. Любая производственная система может технологически развиваться только в четырех направлениях, в двух из которых возможны два варианта. Смена направлений или вариантов направлений определяется изменением значения одного из трех показателей – индикаторов (материалоемкости, фондоотдачи и коэффициента уровня технологичности производства) в противоположном направлении, что отражает соответствующая матрица.

3. Жизненный цикл технологического развития производственных систем включает шесть стадий. Продолжительность каждой стадии определяется взаимосвязью темпов роста или снижения значений показателей материалоемкости и фондоотдачи, которые при этом оказывают непосредственное влияние на снижение или рост себестоимости продукции. Теоретически наилучшим моментом времени полной смены технологий производства является переход от третьей стадии к четвертой, когда начинается снижение материалоемкости, однако при совершенствовании существующей технологии оптимальным моментом времени начала обновления активной части ос-

новных фондов является начало замедления темпов роста значений материалоемкости.

4. При реализации инвестиционных проектов или мероприятий по внедрению в производство новой техники и технологии необходимо иметь в виду, что для снижения удельной себестоимости продукции требуется обеспечить соответствующий уровень фондоотдачи, значение которой определяется на основе анализа стадий жизненного цикла технологического развития.

5. Для управления процессом технологической модернизации России необходимо развивать инвестиционно-инновационный анализ деятельности производственных систем (ретроспективный, текущий и прогнозный) на основе использования новых показателей – коэффициента уровня технологичности производства и инвестиционно-инновационного левериджа.

Направлением дальнейших исследований будет изучение влияния уровня технологического развития на экономические показатели деятельности различных видов производственных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Барро Р.Дж., Сала-и-Мартин Х. Экономический рост. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. 824 с.
- [2] Шараев Ю.В. Теория экономического роста. М.: ГУ ВШЭ, 2006. 254 с.
- [3] Шумпетер Й. Теория экономического развития (Исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры). М.: Прогресс, 1982. 455 с.
- [4] Romer P. Increasing Returns and Long-Run Growth // *Journal of Political Economy*. 1986. Vol. 94, no. 5.
- [5] Lucas R. On the Mechanics of Economic Development // *Journal of Monetary Economics*. 1988. Vol. 22.
- [6] Rebelo S. Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth // *Journal of Political Economy*. 1991. Vol. 99, no. 3. P. 500–521.
- [7] Romer P. Endogenous Technical Change // *Journal of Political Economy*. 1990. Vol. 98, no. 5. P. 71–102.
- [8] Aghion P., Howitt P. A Model of Growth through Creative Destruction // *Econometrica*. 1992. Vol. 60. P. 323–351.
- [9] Grossman G., Helpman E. Innovation and Growth in the Global Economy. Cambridge, MA: MIT Press, 1991.
- [10] Сэндлер Т. Экономические концепции для общественных наук : пер. с англ. М.: Весь мир, 2006. 376 с.
- [11] Dopfer K. The Pillars of Schumpeter's Economics: Micro, Meso, Macro // *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics* / Ed. H. Hanusch, A. Ruka. P. 65–77. USA, UK: Edward Elgar Publishing Ltd.
- [12] Кучин Б.Л., Якушева Е.В. Управление развитием экономических систем: технический прогресс, устойчивость. М.: Экономика, 1990. 157 с.
- [13] Жаров В.С. Влияние технологических инноваций на рост производительности труда // Промышленная политика в цифровой экономике: проблемы и перспективы: тр. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 101–108. DOI: 10.18720/IEP/2017.5/15
- [14] Жаров В.С. Тенденции и перспективы инновационного промышленного развития регионов Севера и Арктики // Тенденции развития экономики и промышленности условиях цифровизации / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. С. 374–397. DOI: 10.18720/IEP/2017.6/15
- [15] Sharpe W.F., Alexander G.J. Investments, 4-th ed. Prentice-Hall International, Inc., 1990.

[16] **Bierman H., Smidt S.** The Capital Budgeting Decision. Economic Analysis of Investment Projects. 7 th Ed. N.Y.: Macmillan Publishing Company, Colier Macmillan Publishers, 1988.

[17] **Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.** Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: Дело, 2002. 888 с.

[18] **Каплан Р., Нортон Д.** Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию : пер. с англ. 2-е изд. М.: Олимп-Бизнес, 2013. 314 с.

[19] **Ковалев В.В.** Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика, 2002. 144 с.

[20] **Жаров В.С.** Использование инвестиционно-инновационного левеиджа для оценки направлений технологического развития промышленного производства // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 1. С. 177–187. DOI: 10.18721/JE.11116

ЖАРОВ Владимир Сергеевич. E-mail: zharov_vs@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.04.2018

REFERENCES

[1] **R.Dzh. Barro, H. Sala-i-Martin,** Jekonomicheskij rost. Moscow: Binom. Laboratorija znanij, 2010.

[2] **Ju.V. Sharaev,** Teorija jekonomicheskogo rosta. Moscow: GU VShJe, 2006.

[3] **J. Shumpeter,** Teorija jekonomicheskogo razvitija (Issledovanie predprinimatel'skoj pribyli, kapitala, kredita, procenta i cikla kon'junktury). Moscow: Progress, 1982.

[4] **P. Romer,** Increasing Returns and Long-Run Growch, Journal of Political Economy, 94 (5) (1986).

[5] **R. Lucas,** On the Mecanics of Economic Development, Journal of Monetary Economics, 22 (1988).

[6] **S. Rebelo,** Long-Run Polisy Analisis and Long-Run Growch, Journal of Political Economy, 99 (3) (1991) 500–521.

[7] **P. Romer,** Endogenous Technical Change, Journal of Political Economy, 98 (5) (1990) 71–102.

[8] **P. Aghion, P. Howitt,** A Model of Growch through Creative Destruction, Econometrica, 60 (1992) 323–351.

[9] **G. Grossman, E. Helpman,** Innovation and Growch in the Global Economy. Cambridge, MA: MIT Press, 1991.

[10] **T. Sjendler,** Jekonomicheskije koncepcii dlja obshhestvennyh nauk: per. s angl. Moscow: Ves' mir, 2006.

[11] **K. Dopfer,** The Pillars of Schumpeter,s Economics: Micro, Meso, Macro, Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics. Ed. H. Hanusch, A. Ruka, 65–77. USA, UK: Edward Elgar Pubishing Ltd.

[12] **B.L. Kuchin, E.V. Jakusheva,** Upravlenie razvitiem jekonomicheskikh sistem: tehničeskij progress, ustojčivost'. Moscow: Jekonomika, 1990.

[13] **V.S. Zharov,** Vlijanie tehnologicheskikh innovacij na rost proizvoditel'nosti truda, Promyshlennaja

politika v cifrovoj jekonomike: problemy i perspektivy: tr. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Ed. d-r jekon. nauk, prof. A.V. Babkin. St. Petersburg: Izd-vo Politehn. un-ta, (2017) 101–108. DOI: 10.18720/IEP/2017.5/15

[14] **V.S. Zharov,** Tendencii i perspektivy innovacionnogo promyshlennogo razvitija regionov Severa i Arktiki, Tendencii razvitija jekonomiki i promyshlennosti uslovijah cifrovizacii. Ed. d-r jekon. nauk, prof. A.V. Babkin. St. Petersburg: Izd-vo Politehn. un-ta, (2017), 374–397. DOI: 10.18720/IEP/2017.6/15

[15] **W.F. Sharpe, G.J. Alexander,** Investments, 4-th ed. Prentice-Hall International, Inc., 1990.

[16] **H. Bierman, S. Smidt,** The Capital Budgeting Decision. Economic Analisis of Investment Projects. 7 th Ed. N.Y.: Macmillan Publishing Company, Colier Macmillan Publishers, 1988.

[17] **P.L. Vilenskij, V.N. Livshic, S.A. Smoljak,** Ocenka jeffektivnosti investicionnyh projektov. Teorija i praktika. Moscow: Delo, 2002.

[18] **R. Kaplan, D. Norton,** Sbalansirovannaja sistema pokazatelej. Ot strategii k dejstviju : per. s angl. 2-e izd. Moscow: Olimp-Biznes, 2013.

[19] **V.V. Kovalev,** Metody ocenki investicionnyh projektov. Moscow: Finansy i statistika, 2002.

[20] **V.S. Zharov,** Using innovative investment leverage to evaluate areas of technological development of industrial production, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 11 (1) (2018) 177–187. DOI: 10.18721/JE.11116

ZHAROV Vladimir S. E-mail: zharov_vs@mail.ru