Для цитирования: Экономика региона. — 2015. — № 4. — С. 289-308.
doi 10.17059/2015-4-23
УДК 330.3, 330.4, 332

В. В. Акбердина [а, б], ***А. В. Гребенкин*** [а, б], ***Н. Ю. Бухвалов*** [в]

[а] Институт экономики УрО РАН (Екатеринбург, Российская Федерация)

[б] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Российская Федерация)

[в] Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь, Российская Федерация)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РЕЗОНАНСА В ИНДУСТРИАЛЬНЫХ РЕГИОНАХ[1]

Основной целью статьи является обоснование математических моделей, описывающих инновационный резонанс в индустриальных регионах. В статье проведен глубокий анализ трендов развития индустриальных регионов России, на основании которого выдвинуты и проверены гипотезы: гипотеза о неравномерности экономического развития различных типов индустриальных регионов (регионы, укрепляющие свой индустриальный статус, новые индустриальные регионы и деиндустриальные регионы), гипотеза об индивидуальности развития отдельных типов индустриальных регионов, гипотеза о каталитической роли государства в инновационной динамике, гипотеза о существовании инновационного резонанса в экономической системе. Авторами предложена методология инновационного резонанса, приведены условия возникновения резонанса в экономической системе, обоснованы типы резонансного отклика. Основные использованные методы: метод резонансного управления, воспроизводственный метод, методы экономико-математического моделирования. В статье авторами предложена математическая формализация механизма инновационного резонанса в региональной промышленной системе, включающая: а) модель формирования инвестиций по отраслям промышленности и воспроизводственным секторам; б) динамическая многоотраслевая (многосекторная) модель воспроизводства; в) модель адаптивного управления инновационным саморазвитием региональной промышленной системы; г) модель устойчивости инновационной динамики и расширенного воспроизводства. В прикладной части статьи авторами исследован инновационный резонанс в индустриальных регионах России. В контексте инновационного резонанса авторами рассмотрена функциональная промышленная политика одного из типичных индустриальных регионов и резонансные отклики, связанные с ее реализацией. Результаты исследования, приведенные в статье, могут быть использованы при обосновании механизмов региональной промышленной политики, а также для оценки регулирующего воздействия действующих нормативно-правовых актов.

Ключевые слова: инновационный резонанс, индустриальные регионы, функциональная промышленная политика, меры государственной поддержки

Постановка проблемы: тренды развития индустриальных регионов

Тенденции мирового экономического развития свидетельствуют о безальтернативности процессов реиндустриализации [1–4], определяющим вектором которой является развитие высокотехнологичных производств, как в масштабах национальных экономик [5–8], так и в рамках отдельных, прежде всего, индустриальных регионов [9–13].

Индустриальные регионы являются основой развития любой национальной экономики. Именно в индустриальных территориях происходит трансформация технологи-

[1] © Акбердина В. В., Гребенкин А. В., Бухвалов Н. Ю. Текст. 2015

Таблица 1

Доля обрабатывающих производств в ВРП, %

Субъект Федерации	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Владимирская область	33,2	34,3	35,4	33,4	34,1	30,1	31,5	31,0	30,3
Калужская область	28,4	27,8	27,8	29,8	31,9	29,2	33,5	38,2	40,2
Липецкая область	63,2	55,4	55,6	52,4	53,5	42,6	40,9	39,2	32,1
Московская область	27,4	25,2	27,0	25,4	23,7	21,7	20,9	23,1	17,8
Рязанская область	23,6	23,1	23,3	26,6	25,5	24,8	27,5	29,5	26,6
Тульская область	33,9	36,6	34,2	33,0	35,7	27,5	30,1	35,3	34,1
Ярославская область	36,6	32,1	27,2	28,3	27,0	25,0	24,9	27,0	26,7
Ивановская область	28,1	20,7	20,1	22,5	24,7	18,2	21,6	22,9	19,6
Вологодская область	45,4	46,6	46,1	46,0	50,5	36,4	38,1	41,1	36,1
Ленинградская область	31,9	29,1	28,5	27,6	26,4	29,7	24,6	26,1	22,8
Мурманская область	21,8	25,5	25,3	27,9	15,8	16,7	17,5	15,5	13,3
Новгородская область	33,2	34,6	34,0	32,6	34,4	32,2	30,2	32,9	35,8
Астраханская область	24,9	27,7	23,4	21,2	30,7	14,8	17,9	16,9	19,2
Волгоградская область	20,6	26,6	27,5	26,9	30,6	23,1	26,7	26,2	26,6
Республика Башкортостан	29,6	27,7	28,8	27,7	28,5	21,7	28,0	28,9	37,2
Республика Марий Эл	20,8	20,2	18,7	21,6	23,4	21,4	28,2	28,3	29,8
Республика Мордовия	24,4	24,4	25,2	23,9	26,1	21,5	25,6	23,0	22,9
Чувашская республика	23,4	23,0	25,5	28,0	29,9	24,8	27,0	25,5	26,3
Пермский край	24,8	29,4	27,5	30,7	34,9	26,8	29,9	34,0	31,4
Кировская область	22,2	21,1	22,9	24,9	26,4	20,4	22,8	25,6	25,5
Нижегородская область	31,8	30,6	32,3	32,1	31,9	26,5	30,8	29,9	30,3
Самарская область	32,3	29,9	28,4	28,4	25,8	20,5	24,7	25,5	25,0
Ульяновская область	25,7	19,8	20,5	22,0	21,4	17,5	20,8	21,8	22,1
Свердловская область	35,1	31,5	33,5	33,3	33,1	27,8	29,1	28,4	27,1
Челябинская область	45,2	41,4	39,0	41,0	39,2	33,6	36,2	36,2	35,8
Красноярский край	47,8	47,1	52,4	50,2	37,6	34,4	34,5	33,8	30,7
Иркутская область	22,9	26,1	27,8	18,3	17,4	15,7	16,3	15,4	13,6
Омская область	53,1	47,8	40,6	38,3	38,9	35,9	34,8	37,5	38,6
Россия	20,4	18,5	18,7	19,7	19,3	17,1	17,7	18,0	17,3

ческой структуры экономики, смена укладов, модернизация производства и потребления. Индустриальные регионы одними из первых вступили в стадию промышленного развития, в связи с чем сегодня многие из них имеют слабодиверсифицированную структуру хозяйства и свои специфические особенности внутренней территориальной структуры. Не все индустриальные регионы могут и должны стать локомотивами технологического развития. Отдельные индустриальные регионы переживают объективный процесс деиндустриализации, связанный со значительным снижением доли промышленности с валовой региональном продукте (ВРП), превращаясь в экономику потребительского типа. Для других индустриальных регионов характерна ситуация реиндустриализации, связанная с изменением доли традиционных отраслей промышленности при одновременном формировании сектора высокотехнологичных производств.

Для выявления особенностей процессов деиндустриализации и реиндустарилизации российских регионов были исследованы регионы, доля обрабатывающих производств в ВРП которых составляла более 25 % в период 2004–2012 гг. Использование однокритериального способа отнесения регионов к числу индустриальных достаточно обосновано в научных работах Совета по изучению производительных сил [14], нормативных документах министерства регионального развития РФ, аналитической и научной литературе [15, 16].

В данном исследовании в качестве критерия отнесения к индустриальным регионам намеренно не использовалась доля всей промышленности в ВРП, поскольку в этом случае к числу индустриальных регионов автоматически относились сырьевые регионы с высокой долей добывающего сектора (Тюменская, Оренбургская, Кемеровская, Томская, Магаданская, Сахалинская области,

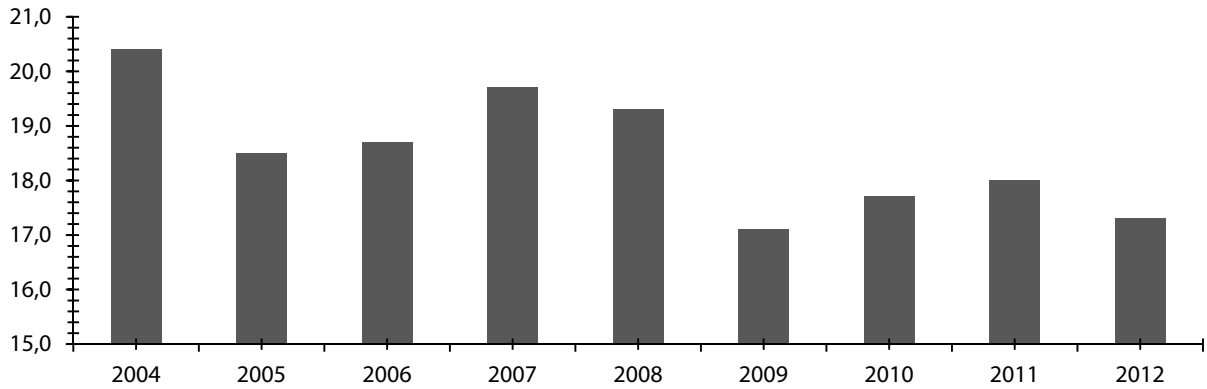


Рис. 1. *Деиндустриализация российской экономики: снижение доли обрабатывающих производств в ВВП*

Республики Коми, Татарстан, Удмуртия, Саха и др.). Использование более жесткого критерия отнесения регионов к группе индустриальных позволяет выделить только те регионы, в которых возможно формирование высокотехнологичных производств со значительной добавленной стоимостью.

Исследование российских регионов проводилось за период 2004–2012 гг. (табл. 1). Проведение анализа за период, предшествовавший 2004 году, затруднителен, поскольку доля обрабатывающих производств стала выделяться в статистическом учете только в связи с переходом от ОКОНХ к ОКВЭД.

В целом для России наблюдается объективный процесс деиндустриализации — снижение доли обрабатывающих производств с 20,4 % в 2004 г. до 17,3 % в 2012 г. (рис. 1). Данный процесс, конечно, мог бы рассматриваться в теоретическом контексте постиндустриальной экономики (Дж. Гэлбрейт, Д. Белл, Э. Тоффлер и др.) или концепции «*tertiarisation*» (*фр.* — развитие третичного сектора) К. Кларка и Ж. Фурастье, если бы не катастрофически низкая производительность труда в российской промышленности. Исследователи Т. Гурова и А. Ивантер отмечают, что существует значительное отставание России от ведущих (и не только) промышленных держав по выработке продукции обрабатывающей промышленности на душу населения. Этот показатель в России составляет 504 долл., при этом в США он больше в 11 раз, в Сингапуре и в Японии — в 16 раз, также он больше в Китае, Бразилии, Греции, Таиланде, Уругвае и других странах, не имеющих традиционно развитой промышленности [17]. По широкому спектру обрабатывающих производств российские показатели, также невысоки, за исключением производства драгоценных и цветных металлов. По большинству других позиций наблюдается значительное отставание: по производству электромоторов, генераторов, трансформаторов отставание от США — в 2,6 раза, от Германии — в 5,2, от Финляндии — в 14,6; по одежде от США — 5,9 раза, от Германии — в 4,4, от Южной Кореи — 16,4, от Бразилии — в 2; по производству товаров общего машиностроения от США в 10,4 раза, от Германии — в 17,8, от Южной Кореи — в 8,8; по фармацевтическим препаратам и субстанциям от США в 66 раз, от Германии — в 31,5, от Южной Кореи — в 18 раз [17].

В пространственном аспекте процесс деиндустриализации России в период 2004–2012 гг. протекал неравномерно. Так, если в 2004 г. к числу индустриальных относились 18 регионов, то к 2012 г. их насчитывалось уже 20. Рейтинг индустриальных регионов России представлен на рисунке 2. Наибольшую долю обрабатывающих производств в ВРП имеют Калужская область (40,2 %), Омская область (38,6 %) и Республика Башкортостан (37,2 %). Наименьшие значения данного показателя среди индустриальных регионов у Чувашской республики (26,3 %), Кировской области (25,5 %) и Самарской области (25,0 %).

Вместе с тем, значительно поменялся состав индустриальных регионов.

За истекший период четыре традиционно промышленных региона утратили свой индустриальный статус — это Московская область (снижение доли обрабатывающих производств в ВРП с 27,4 % в 2004 г. до 17,8 % в 2012 г.), Ивановская область (снижение с 28,1 до 19,6 %), Ленинградская область (снижение с 31,9 до 22,8 %) и Ульяновская область (снижение с 25,7 до 22,1 %). Процесс деиндустриализации в данных регионах сопровождался значительным ростом сферы услуг при одновременном экономическом росте и повышении качества жизни, активизации инвестиций — то есть здесь деиндустриализация может быть названа оптимизацией доли промышленности. Опыт данных регионов показывает, что

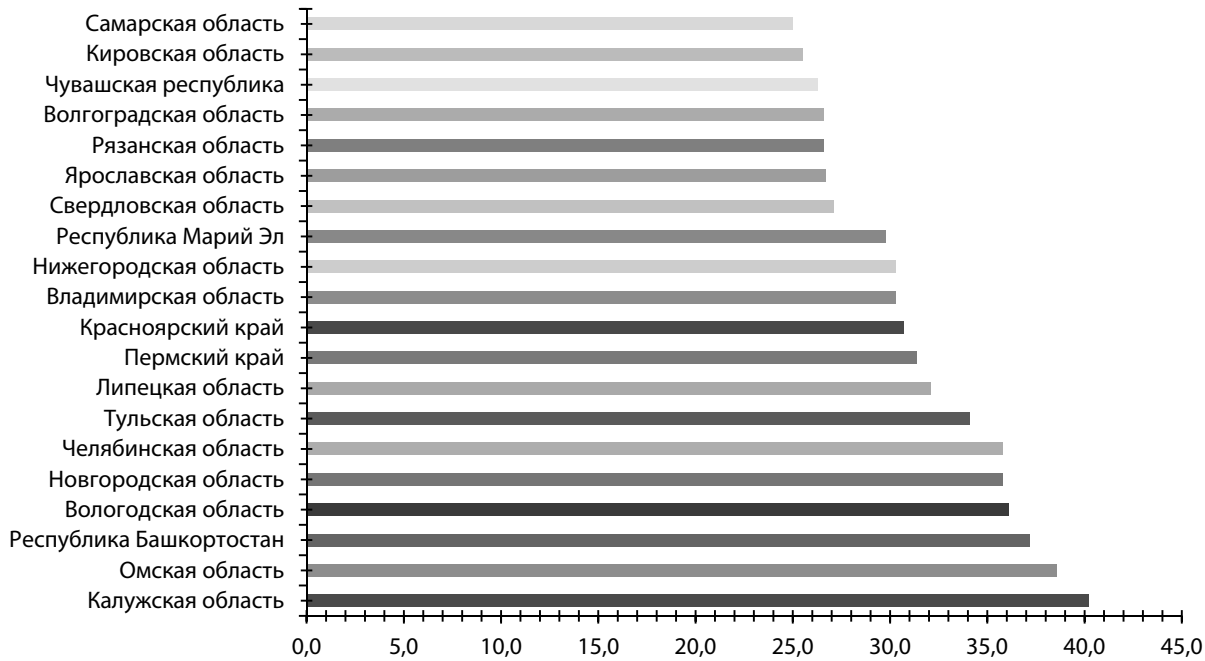


Рис. 2. *Рейтинг индустриальных регионов России по доли обрабатывающих производств в ВВП*

деиндустриализация может происходить на фоне роста производительности, с одной стороны, и создания разветвленной инфраструктуры услуг по логистике, продвижению товара, инновационному сервису и созданию брендов, с другой стороны.

Еще четыре региона традиционно индустриальных региона в анализируемый период укрепили позиции обрабатывающих производств в валовой добавленной стоимости региона — это Калужская область (рост доли с 28,4 до 40,2 %), Республика Башкортостан (рост доли с 29,6 до 37,2 %), Новгородская область (рост доли с 33,2 до 35,8 %) и Тульская область (рост доли с 33,9 до 34,1 %). Масштабные инвестиционные проекты по модернизации традиционных секторов, а также формирование новых предприятий послужили поводом говорить о новой индустриализации в данных субъектах Федерации.

В период 2004–2012 гг. появилось шесть новых индустриальных регионов, доля обрабатывающих производств в ВРП которых увеличилась — это Пермский край (увеличение с 24,8 до 31,4 %), Республика Марий Эл (увеличение с 20,8 до 29,8 %), Волгоградская область (увеличение с 20,6 до 26,6 %), Кировская область (увеличение с 22,2 до 25,5 %), Чувашская Республика (увеличение с 23,4 до 26,3 %) и Рязанская область (увеличение с 23,6 до 26,6 %). Повышение значимости обрабатывающего сектора в экономике данных регионов связано в основном с реализацией крупных инвестиционных проектов.

Наконец, развитие большинства традиционно индустриальных регионов сопряжено с негативной деиндустриализацией. Это Липецкая область (снижение с 63,2 до 32,1 %), Красноярский край (снижение с 47,8 до 30,7 %), Омская область (снижение с 53,1 до 38,6 %), Ярославская область (снижение с 36,6 до 26,7 %), Челябинская область (снижение с 45,2 до 35,8 %), Вологодская область (снижение с 45,4 до 36,1 %), Свердловская область (снижение с 35,1 до 27,1 %), Самарская область (снижение с 32,3 до 25,0 %), Владимирская область (снижение доли обрабатывающих производств в ВРП с 33,2 до 30,3 %) и Нижегородская область (снижение с 31,8 до 30,3 %). Указанные старопромышленные регионы сталкиваются сегодня с серьезными ограничениями дальнейшего развития, обусловленными аномальной многоукладностью, под которой понимается одновременное воспроизводство нескольких технологических укладов, начиная от третьего и заканчивая пятым [18].

Структурно-технологические сдвиги в экономике старопромышленных регионов в значительной мере осуществлялись стихийно, под воздействием текущих конъюнктурных изменений, что привело к критическому положению в технологической структуре производства. В результате чего произошел перекос в сторону доминирования низко- и среднетехнологичных, энергоемких и экологически небезупречных отраслей. Кроме того, одновременное расширенное воспроизводство нескольких технологических укладов вследствие

общих ресурсных ограничений привело к снижению темпов роста каждого из них, включая пятый и шестой, а также к замедлению структурных сдвигов.

Таким образом, дифференциация индустриальных регионов позволяет выдвинуть гипотезу о том, что не все индустриальные регионы могут в долгосрочном плане стать локомотивами экономического роста: для каждого индустриального региона существует своя индивидуальная траектория развития, учитывающая ресурсные, структурные и институциональные возможности. Основной моделирования такого индивидуального пути могут стать модели инновационного резонанса.

Методология инновационного резонанса

Для решения задачи по преодолению аномальной многоукладности и формированию высокотехнологичного сектора в индустриальных регионах авторами предложена методология инновационного резонанса, под которым понимается явление ускорения экономического развития подверженной волновой динамике экономической системы, вызванное периодическим изменением инновационно-технологических параметров за счет каталитического механизма, встроенного в триадную синергетическую систему отношений наука — государство — бизнес.

Становление базовых технологий нового уклада — нелинейный процесс реструктуризации технологических цепочек предыдущих этапов [20]. При этом экономический рост рассматривается только лишь как следствие инновационного резонанса, а причина — совпадение интенсивности воздействия определенных действий со стороны экономических агентов в сфере технологического развития с интенсивностью экономической динамики.

В ряде исследований обоснована целесообразность применения универсального логистического подхода на основе S-образных кривых для моделирования экономико-технологической динамики. В работе А.И. Яблонского показана возможность использования S-образных кривых и уравнений типа Лотки — Вольтерры для моделирования процессов технологического развития [21]. Экспериментальные исследования В.М. Полтеровича, А.А. Хенкина показали, что процесс диффузии, выраженный в виде доли выпуска продукции определенного технологического уровня, или доли фирм, освоивших рынок новой продукции, также описывается логистической кривой или ее модификациями [22]. Использование положительных свойств логистической кривой для описания жизненного цикла макрогенераций (продуктовых инноваций в экономике США, определяющих динамику ВВП) предложено в работе В.И. Маевского [23].

Технологическая динамика может быть описана уравнением (1), где $Y(t)$ — функция, описывающая результат (эффект) инновационного развития; r — величина, характеризующая скорость инновационного развития и отвечающая за крутизну S-образной кривой; P — положительная величина, ограничивающая сверху эффект инновационного развития (максимальное значение функции $Y(t)$, потенциал); C — величина, определяющая сдвиг S-образной кривой относительно оси абсцисс.

$$Y(t) = \frac{P}{1 + Ce^{-rt}}. \qquad (1)$$

На рисунках 3 и 4 показаны графики двух функций и их производных до и после приведения функций в резонанс. Очевидно, что для выявления условий резонанса необходимо определить параметр t, при котором производные функций достигают максимума в одной точке, выразив его через параметры C и r (2).

$$\frac{-\ln\frac{1}{C_1}}{r_1} = \frac{-\ln\frac{1}{C_2}}{r_2} = t^*. \qquad (2)$$

Становится очевидным, что регулируя крутизну S-образной кривой (параметр r) и ее сдвиг относительно оси абсцисс (параметр C), можно добиться резонанса функций [23].

Если регулирование параметра r, отвечающего за реакцию рыночного спроса на технологические инновации, достаточно затруднительно в связи со значительной долей субъективности, проявляющейся со стороны потребителей, то параметр C, характеризующий эффективность государственных институтов по созданию условий для распространения инноваций, может быть назван основным регулируемым параметром в процессе достижения инновационного резонанса [25].

В контексте инновационного резонанса авторами рассмотрена функциональная промышленная политика (параметр C), ренессанс которой отмечают сегодня многие эксперты [26, 27]. В 2013 г. вышли в свет два ключевых доклада, касающиеся промышленной политики: доклад ОЭСР «Возрождение активной промышленной политики: актуальные проблемы и новые тренды» и доклад комиссии ЕС «По пути к знаниеемкой реиндустриа-

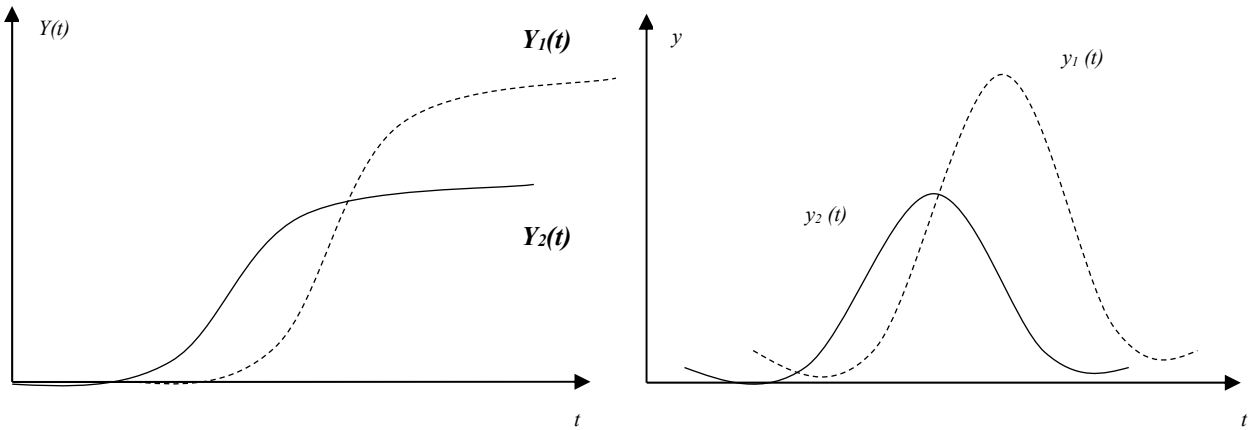


Рис. 3. *Графики функций $Y_1(t)$ и $Y_2(t)$ и их производные до приведения функций в резонанс*

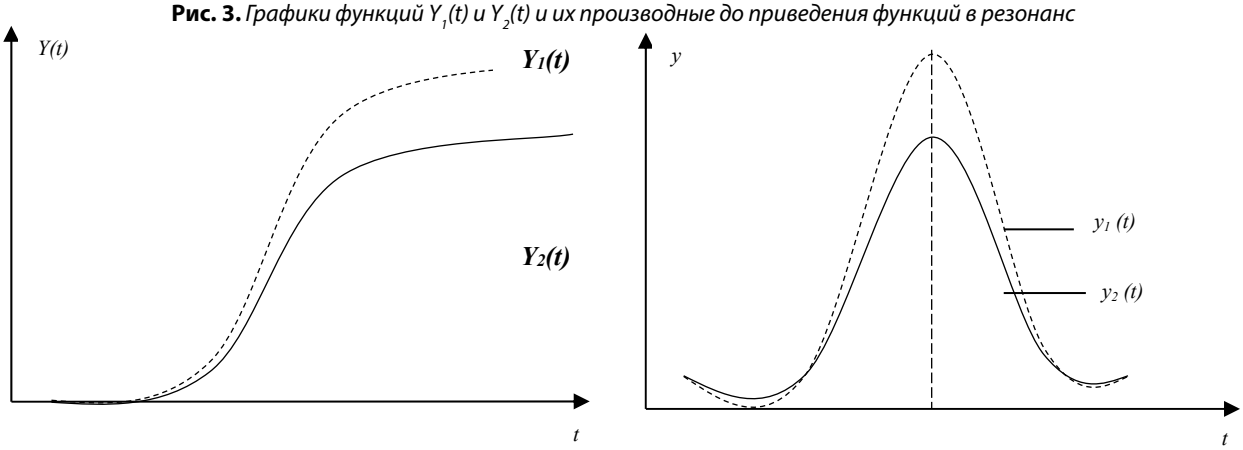


Рис. 4. *Графики функций $Y_1(t)$ и $Y_2(t)$ и их производные после приведения функций в резонанс*

лизации», что позволяет говорить о всплеске интереса к промышленной политике. Это связано с тем, что новый технологический уклад по оценкам экспертов не начнется до 2030 г. (даже в развитых странах), поэтому возникает необходимость продолжить эксплуатацию существующего уклада, что в свою очередь, возможно только с использованием эффективных инструментов промышленной политики.

С учетом явления инновационного резонанса в контексте определения, данного выше, были выдвинуты дополнительные гипотезы об условиях появления резонансного отклика экономической системы на изменения в технологической сфере: 1) резонансный отклик проявляется при появлении третьего элемента — катализатора — в триадной структуре отношений в инновационной системе, в качестве катализатора может выступать институт поддержки в виде специального мотивационного механизма, формируемого бизнесом в конкурентной среде или создаваемого государством; 2) резонансный отклик носит характер положительной обратной связи инновационного саморазвития до пределов возможностей (использования потенциала) конкретной экономико-технологической системы.

В ходе теоретического исследования было доказано, что инновационный резонанс является параметрическим. Понимание резонанса как явления, возникающего только при ритмическом внешнем воздействии на колебательную систему, при котором совпадают частоты внешнего воздействия с собственной частотой системы, было отклонено. Это связано с тем, что в условиях открытости экономической системы добиться периодического внешнего воздействия необходимой ритмичности достаточно сложно, если не сказать невозможно, поскольку указанное внешнее воздействие относится к экономической политике, проводимой субъектами, находящими вне анализируемой системы.

Кроме того, существует объективное понимание того, что любая модуляция параметра *C* (в нашем случае применение инструментов функциональной промышленной политики) не может «раскачать» экономическую систему, находящуюся в состоянии покоя в положении равновесия. Для возбуждения параметрического инновационного резонанса экономическая система должна совершать собственные колебания, связанные с циклами конъюнктуры, деловыми среднесрочными циклами,

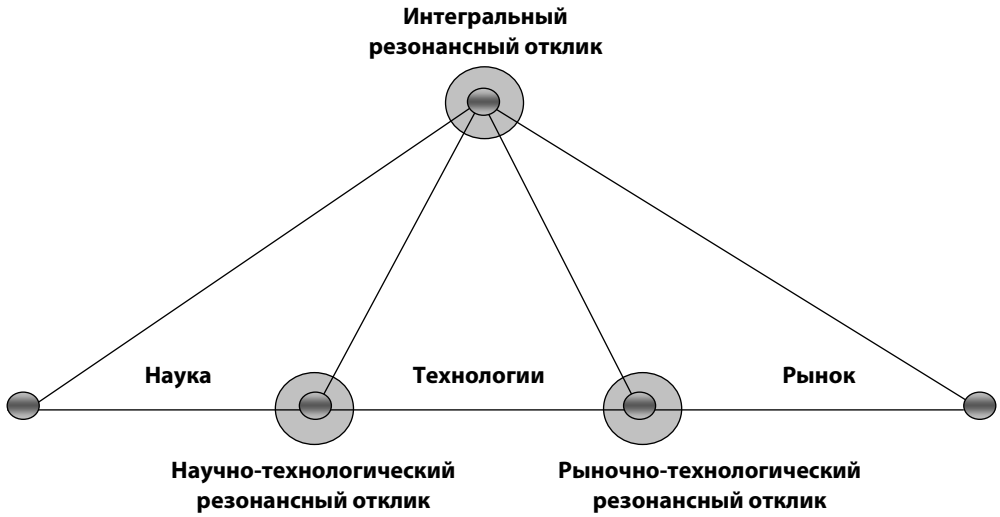


Рис. 5. *Типология резонансных откликов экономической системы на управляющие воздействия*

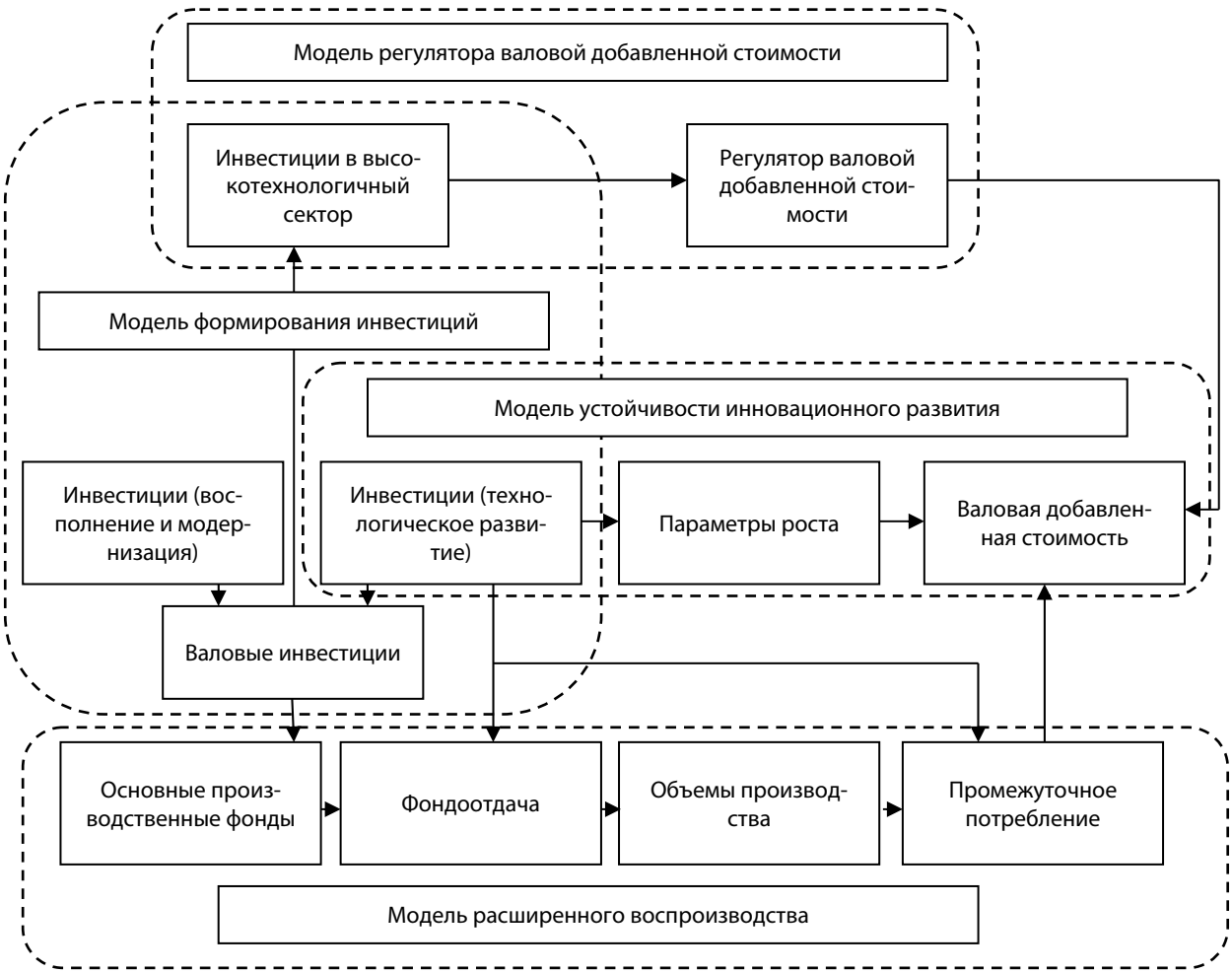


Рис. 6. *Математический комплекс механизма инновационного резонанса экономической системы*

длинными кондратьевскими волнами. Таким образом, явление инновационного резонанса, в котором нарастание динамики обусловлено не внешним воздействием, а параметрами самой системы, было предложено описать дифференциальными уравнениями параметрического резонанса линейных и нелинейных систем.

В случае параметрического резонанса состояние равновесия системы становится неустойчивым и уход из него имеет характер колебаний с прогрессивно растущей амплитудой. Поэтому важными моментами являются анализ пороговых значений и допустимых интервалов, а также условия поглощения колебаний

и динамического гашения отрицательной экономической динамики, которая может привести систему к рецессии.

Разработка полной математической модели качественных резонансных откликов экономической системы на управляющие воздействия строилась на инновационном цикле «наука — технологии — рынок», в контексте чего можно констатировать, что значительные резонансные отклики возникают точках перехода из одной сферы в другую. В связи с этим выделяются три типа резонансных откликов — научно-технологический, рыночно-технологический и интегральный (рис. 5).

Механизм инновационного резонанса региональной промышленной системой основан на сочетании и взаимодействии государственного регулирования, инновационного бизнеса и его инфраструктуры, а также фундаментальных и прикладных исследований в области высоких современных технологий. Основная сложность создания такого механизма состоит в определении средств и способов, обеспечивающих эффективную реализацию научно-технических программ разработки и освоения наукоемких ресурсосберегающих технологий и позволяющих промышленным предприятиям осуществлять экономический производственный цикл в режиме расширенного воспроизводства. Механизм инновационного резонанса региональной промышленной системой должен включать в себя следующие элементы (рис. 6):

1. *Модель формирования инвестиций по отраслям промышленности и воспроизводственным секторам.* Инвестиционные ресурсы имеют два направления вложения: 1) на восполнение и модернизацию основного капитала в рамках существующих технологий для производства традиционной продукции (M); 2) на технологическое развитие в форме затрат на НИОКР и соответствующих расходов на приобретение основных средств и технологий (R). Объем инвестиций в основной капитал, таким образом, определяется как сумма направлений вложений.

Соответственно, формируется две группы инвесторов — консерваторы и инноваторы. При этом изменение численности каждой подгруппы может быть однократным, связанным с внесением изменений в производимую продукцию или в технологию производства только у одного инвестора, а может быть и многократным.

Существенную роль в этой модели должен играть параметр, который описывает предпочтения инвестора. Положительные значения параметра говорят о предпочтении инвесторов перехода к инвестициям M-типа, а отрицательные — о переходе к инвестициям R-типа. Этот параметр зависит от времени и имеет важное значение при формировании циклического поведения механизма научно-технического развития. В качестве выходной переменной будем использовать величину индекса, равную отношению разности между объемами инвестиций M-типа и R-типа к их сумме. Ниже будет показано, что при выполнении некоторых разумных предположений динамика коэффициента предпочтений и инвестора и сам индекс достаточно точно описываются системой двух дифференциальных уравнений первого порядка.

Итогом модели является определение объемов инвестиций по отраслям промышленности и воспроизводственным секторам экономики. Кроме того, важным результатом модели будет распределение инвестиционных ресурсов по направлениям — на поддержание существующих мощностей и на инновационное развитие. Темпы роста и объемы инвестиций на цели НИОКР определяют два важнейших параметра долгосрочного инновационного развития — коэффициент фондоотдачи и долю добавленной стоимости в валовом выпуске.

2. *Динамическая многоотраслевая (многосекторная) модель воспроизводства.* Данная модель характеризует взаимосвязи, определяющие объемы выпуска и добавленной стоимости по отраслям и воспроизводственным секторам. Все расчеты в моделях производятся в избранной системе неизменных цен (как правило, в ценах того года, в котором осуществляется планирование). Данная модель включает в себя две группы взаимосвязей: макроэкономическая взаимосвязь, предназначенная для формирования сценариев на основе анализа наиболее общих пропорций, ограничений и эластичностей; система межотраслевых и балансовых взаимосвязей, позволяющих получить согласованные количественные оценки динамики и структуры производства на долгосрочную перспективу в разрезе отраслей, а также воспроизводственных секторов.

3. *Модель адаптивного управления инновационным саморазвитием региональной промышленной системы.*

Региональная промышленная система, как всякая динамично развивающаяся система, является структурой с обратной связью. В технических терминах это означает, что в ней, помимо исполнительного ядра (собственно про-

цесса инновационного саморазвития) и управляющего устройства, существует механизм обратной связи. Назначение данного элемента в том, чтобы на основе измерения получаемых результатов и их сравнения с планируемыми вырабатывались определенные рекомендации для базового устройства управления.

В региональной экономике получаемая таким образом информация относится в большинстве случаев к области стратегических и тактических решений в сфере инвестиций в высокотехнологичный сектор промышленности, расходов на финансирование мероприятий по стимулированию научно-технического прогресса, в особенности на разработку и освоение новых технологий и проведение ресурсосберегающих акций. Кроме того, устройство обратной связи позволяет получать постоянную информацию об эффективности принимаемых решений и оценку возможных вариантов их изменения. Если в ходе данного процесса меняются только значения параметров системы, то ее называют самонастраивающейся, а если в ней появляются новые элементы или уничтожаются старые, то самоорганизующейся. Применительно к инновационному развитию можно отметить, что всегда характеристики внешней среды и самого объекта (региона) являются недостаточно точно предсказуемыми и возникает ситуация неопределенности. С точки зрения теории управления это означает, что параметры объекта и окружающей среды будут изменяться в ходе процесса управления, поэтому устройство управления инновационным саморазвитием должно быть в состоянии решить три задачи: 1) проводить мониторинг объекта с целью идентификации (определения) меняющихся значений его параметров; 2) осуществлять синтез алгоритма работы регулятора при известных значениях параметров с целью обеспечить требуемое качество деятельности системы; 3) конструировать регулятор, реализующий синтезированный алгоритм [28].

С технической точки зрения данные задачи должны выполняться автоматически, без участия человека. Другими словами, если параметры объекта заранее неизвестны, но постоянны, то задачи реализуются еще на стадии проектирования, а если его характеристики варьируются во времени, то задачи должны решаться в естественных для объекта условиях и ритме деятельности. Это означает, что алгоритм регулятора должен сам трансформироваться в процессе функционирования системы, приспосабливаясь (самонастраиваясь, адаптируясь) за достаточно короткое время к изменяющейся среде и параметрам объекта так, чтобы качество работы последнего оставались неизменным [29].

4. *Модель устойчивости инновационной динамики и расширенного воспроизводства.*

Модель устойчивости инновационной динамики и расширенного воспроизводства предназначена для оценки устойчивости инновационного развития экономической системы. В состоянии стабильного равновесия экономические системы, как известно, не могут находиться, а их нормальное состояние — динамическое равновесие. Переход от одного равновесного состояния к другому никогда не происходит мгновенно. Любой экзогенный шок порождает цепочку событий, которая лишь в конечном счете приводит к установлению нового динамического равновесия. Понять, по какому сценарию пройдут события, можно только исследовав ход их развития.

Такова логика методологического подхода математического комплекса механизма инновационного резонанса в экономической системе.

Математическая формализация модели инновационного резонанса

Модель формирования объемов инвестиций по отраслям промышленности. Как уже было отмечено, инвестиционные ресурсы имеют два направления вложения: 1) на восполнение и модернизацию основного капитала в рамках существующих технологий для производства традиционной продукции (M_t); 2) на технологическое развитие в форме затрат на НИОКР и соответствующих расходов на приобретение основных средств и технологий (R_t). Объем инвестиций в основной капитал, таким образом, определяется как сумма направлений вложений:

$$I_t = M_t + R_t. \quad (3)$$

Источником инвестиций в основной капитал выступают чистые доходы экономических агентов за прошлый период, которые на макроуровне представляют собой валовую добавленную стоимость (Y_t). Введем параметр, характеризующий долю инвестиций в валовой добавленной стоимости — γ_i, и получим уравнение для инвестиций:

$$I_t = M_t + R_t = \gamma_1 Y_{t-1} + \gamma_2 Y_{t-1}. \quad (4)$$

Очевидно, что пропорции такого распределения влияют на величины инвестиций, направляемые на различные цели, что, в конеч-

ном счете, сказывается на величине валовых выпусков ($V_{i,t}$) и валовой добавленной стоимости (Y_t).

Промышленным предприятиям выгодно наращивать мощности производства товаров потребления или средств производства в зависимости от цен на рынке, что указывает им направление будущих инвестиций (γ_1 и γ_2), тем самым увеличивая их прибыль. В качестве характеристики предпочтений деятельности инвестора может служить отношение разности между объемами инвестиций *M*-типа и *R*-типа к их сумме.

$$\begin{cases} I_t = M_t + R_t, \\ k = \dfrac{M_t - R_t}{M_t + R_t}. \end{cases} \quad (5)$$

Решив эту систему уравнений, получим:

$$M_t = \frac{(1+k)I_t}{2}; \; R_t = \frac{(1-k)I_t}{2}. \quad (6)$$

Динамическая многоотраслевая модель воспроизводства. Динамика изменения основных производственных фондов для каждого временного периода рассчитывается с учетом их выбытия и направления инвестиций из различных источников на их восполнение и модернизацию. Овеществление этих инвестиций производится с учетом временного лага:

$$F_{j,t} = (1-\alpha)F_{j,t-1} + l\left(M_{ij,t} + R_{ij,t}\right) + \\ +(1-l)\left(M_{ij,t} + R_{ij,t}\right), \\ j = 1, \ldots, n \quad (7)$$

где α — коэффициент выбытия фондов; l — коэффициент временного лага.

В расчете участвуют либо виды деятельности, либо четыре воспроизводственных сектора (потребительский, высокотехнологичный, традиционный, инфраструктурный секторы).

Для определения объемов валовых выпусков, производимых по каждому виду деятельности и в каждом воспроизводственном секторе, будем использовать коэффициент фондоотдачи, на который, в свою очередь, влияет R_t в каждом из секторов:

$$V_{j,t} = f_{j,t}F_{j,t}, \quad (8)$$

где f_j — коэффициент фондоотдаче в каждой отрасли или в каждом воспроизводственном секторе.

Коэффициенты фондоотдачи определяются с учетом старения оборудования и направлений инвестиций на технологическое развитие производства:

$$f_{j,t} = f_{j,t-1}(1-\mu)\left(1 + \frac{\beta R_t}{M_t + R_t}\right), \quad (9)$$

где μ — коэффициент старения оборудования, β — коэффициент, характеризующий влияние инновационной составляющей в инвестициях на фондоотдачу.

Объемы валовой добавленной стоимости будем определять на основании промежуточного потребления, на которое также влияет R_t:

$$Y_{j,t} = (1-s)_{j,t} V_{j,t}, \quad (10)$$

где s_j — доля промежуточного потребления в выпуске в каждой отрасли или в каждом воспроизводственном секторе.

Таким образом, валовой региональный продукт будет находиться по формуле:

$$Y_t = \sum_{j=1}^{n}(1-s)_{j,t}\left[f_{j,t-1}(1-\mu)\left(1 + \frac{\beta\gamma_2 Y_{t-1}}{\gamma_1 Y_{t-1} + \gamma_2 Y_{t-1}}\right)\right]\times \quad (11) \\ \times\left[(1-\alpha)F_{j,t-1} + l(\gamma_1 Y_{t-1} + \gamma_2 Y_{t-1}) + (1-l)(\gamma_1 Y_{t-1} + \gamma_2 Y_{t-1})\right].$$

Ключевыми индикаторами экономико-технологического развития являются темпы роста ВВП (ВРП) и индексы промышленного производства:

$$g_j = \frac{V_t}{V_{t-1}}, \quad (12)$$

$$G = \frac{Y_t}{Y_{t-1}}. \quad (13)$$

Из формулы (11) можно увидеть, что на темп роста ВВП (ВРП) существенно влияют следующие параметры: темп роста инвестиций по отраслям (воспроизводственным секторам); направления вложения инвестиционных ресурсов, в первую очередь, вложения на инновационные цели; коэффициенты выбытия основных фондов; коэффициенты фондоотдачи; доли промежуточного потребления в выпуске; инвестиционный временной лаг.

Модель адаптивного управления инновационным саморазвитием. Будем понимать в качестве цели адаптивного управления инновационным развитием обеспечение способности экономической системы эффективно функционировать в постоянно возникающих новых условиях, вызванных инновационным резонансом. Обычно устройство обратной связи называется регулятором, совокупность управляемого объекта, устройства управления прямой связи и регулятора — основным контуром управления, а процесс управления с помощью обратной связи — алгоритм работы регулятора [30]. Наиболее распространенным способом использования информации в цепи обратной

связи является схема жесткого управления, в которой рекомендации по изменению решений прямо связаны с отклонениями фактических результатов от планируемых при помощи фиксированных коэффициентов (параметров обратной связи). Применение данной схемы оказывается достаточно эффективным, если состояние внешней среды, а также самого объекта остаются стабильными или сравнительно мало и предсказуемо изменяются, то есть обстановка является достаточно определенной.

Построим модель адаптивного управления инновационным развитием экономической системы. Пусть в некоторый период t региональная система имеет следующие характеристики: F_t — стоимость основных производственных фондов; Y_t — валовой продукт (сумма добавленных стоимостей по воспроизводственным секторам); I_t — инвестиции в основной капитал.

В качестве основных соотношений динамики системы примем:

$$Y_t = f \times F_t, \tag{14}$$

$$F_t = \left(1-\alpha\right)F_{t-1} + I_t, \tag{15}$$

где f — коэффициент фондоотдачи по добавленной стоимости, α — коэффициент выбытия фондов.

Здесь I_t — управляющее воздействие, влияющее на ход процесса, то есть алгоритм регулятора. Предположим, что целью управления является достижение контрольной величины ВВП (ВРП) на уровне C. Тогда в обстановке полной определенности алгоритм работы регулятора имеет вид:

$$I_t = f^{-1}\left(C - f\left(1-\alpha\right)F_{t-1}\right). \tag{16}$$

В хозяйственной практике многие факторы, от которых зависят параметры f и α, либо недоступны для прямого измерения, либо могут варьироваться во времени неизменным образом (так, фондоотдача может изменяться при переходе на новое оборудование). Примем следующее определение: процесс управления называется самоорганизующимся, если уменьшение априорных неопределенностей, приводящее к эффективному управлению, достигается за счет информации, получаемой в ходе процесса управления из последовательных наблюдений доступных входных и выходных сигналов [28]. Самоорганизация достигается: а) снижением степени неопределенности описания динамики объекта (самоорганизующийся процесс параметрической адаптацией); б) уменьшением неопределенности, непосредственно связанным с улучшением качества системы (функционально-адаптивный самоорганизующийся процесс). При этом получаемая от объекта управления информация используется непосредственно управляющим устройством и соответствующим блоком оценки качества работы. Далее будем исходить из того, что величины Y, F и I во все моменты времени доступны для измерения и параметры определяются при помощи измерения входных и выходных величин.

Таким образом, основное управляющее устройство осуществляет следующие действия: предварительную оценку экономической эффективности инвестиций в высокотехнологичном секторе; оценку вклада высокотехнологичного сектора в ВВП (ВРП); уточненную оценку экономической эффективности с учетом локальных методов стимулирования; системную (синергетическую) оценку эффективности высокотехнологичного сектора.

Таким образом, адаптивный регулятор возникает всегда, когда нужно строго держать значение выходной величины, а условия внешней среды непредсказуемы. В этом случае в цепи обратной связи, как правило, возникают запаздывания по времени, которые в технических устройствах моделируются при помощи инерционных звеньев. Сам процесс достижения запланированного выходного сигнала носит характер асимптотического приближения и растягивается во времени.

Поскольку в экономической динамике производятся в основном качественные изменения, а информация поступает в весьма агрегированной форме, то здесь целесообразно применение встроенных регуляторов по Багриновскому [28]: снижение процентной ставки по банковским кредитам при необходимости дополнительного прироста инвестиций; снижение ставки НДС в случае потребности в дополнительных поставках сырья и материалов; повышение ставки НДС на товары, пользующееся высоким спросом; снижение выплат по акциям и т. п.

Однако в экономических процессах, особенно инновационных, реакция на отклонение бывает, как правило, очень замедленной и растягивается на долгое время (если вообще произойдет). Здесь существенную роль должны сыграть естественные рыночные процессы: выгодное производство или направление капиталовложений привлекает инвесторов; конкуренция снижает прибыльность, что заставляет искать новые выгодные направления приложения капиталов.

Модель устойчивости инновационной динамики и расширенного воспроизводства. Выше было отмечено, что импульсом развития экономической системы является инновационная динамика, количественными характеристиками которой выступают затраты на НИОКР, их структура и источники финансирования, а также соотношение с валовой добавленной стоимостью.

Построим модель устойчивости инновационной динамики и расширенного воспроизводства, исходным допущением которой будет непрерывный характер финансовых потоков и потоков инновационной продукции. Конструирование блок-схемы модели основывается на том, что начальный поток затрат на исследования и разработки формирует новый или совершенствует старый процесс производства, в результате чего генерируется материальный поток инновационной продукции. Одновременно с этим формируется финансовый поток от инновационной деятельности — инновационная прибыль, определяемая как разница инновационной выручки и затрат на производство инновационной продукции. Принимая во внимание расчет валовой добавленной стоимости по первичным доходам, среди которых прибыль занимает основную часть, можно говорить о вкладе инновационного процесса в расширенное воспроизводство. Вместе с тем, эта же прибыль является источником финансирования новых исследований и разработок.

Таким образом, формируется замкнутый алгоритм взаимного влияния затрат на НИОКР и роста валовой добавленной стоимости, при котором валовая добавленная стоимость уменьшается на величину затрат на исследования и разработки, а они, в свою очередь, служат источником роста прибыли и, соответственно, добавленной стоимости. В ходе этого процесса и происходит инновационное развитие и смена технологических укладов.

Для количественного описания процесса уточним обозначения, использованные выше, и введем ряд новых обозначений:

R_n — затраты на исследования и разработки в n-й год, R_{n+1} — затраты на исследования и разработки в $(n+1)$-й год, $R_{\max}$ — максимальное возможное значение затрат на исследования и разработки в экономической системе, обусловленное рыночными ограничениями; Y_n — валовая добавленная стоимость (ВРП или ВВП) в n-й год, Y_{n+1} — валовая добавленная стоимость в $(n+1)$-й год, $Y_{\max}$ — максимальное возможное значение валовой добавленной стоимости в экономической системе, обусловленное ресурсными ограничениями; d_n — доля прибыли от инновационной продукции в валовой добавленной стоимости в n-й год, d_{n+1} — доля прибыли от инновационной продукции в валовой добавленной стоимости в $(n+1)$-й год, причем (dY_n) — инновационная прибыль; P_n — инновационная прибыль в n-й год, P_{n+1} — инновационная прибыль в $(n+1)$-й год, $P_{\max}$ — максимальное возможное значение инновационной прибыли в экономической системе, обусловленное рыночными ограничениями; g_Y — параметр роста валовой добавленной стоимости; g_R — параметр роста затрат на исследования и разработки; k_Y — удельная добавленная стоимость на единицу инновационной продукции; k_R — удельные затраты на исследования и разработки на единицу инновационной продукции; m — коэффициент трансформации добавленной стоимости в новый приток затрат на исследования и разработки.

Прирост валовой добавленной стоимости определяется как $\frac{Y_{n+1}-Y_n}{Y_n}$, причем с ростом добавленной стоимости и приближении ее величины к $Y_{\max}$ прирост за каждый очередной период должен уменьшаться. Тогда динамика валовой добавленной стоимости определяется следующим образом:

$$Y_{n+1} = Y_n + Y_n g_Y \left(1 - \frac{Y_n}{Y_{\max}}\right). \qquad (17)$$

Вместе с тем, в валовой добавленной стоимости есть источник формирования затрат на исследования и разработки — инновационная прибыль. Динамика инновационной прибыли имеет вид:

$$P_{n+1} = d_{n+1}Y_{n+1} = d_n Y_n + d_n Y_n g_Y \left(1 - \frac{d_n Y_n}{d_n Y_{\max}}\right). \qquad (18)$$

Очевидно, что часть добавленной стоимости, направляемой на финансирование затрат на исследования и разработки, будет зависеть от соотношения удельных величин (k_R/k_Y) и коэффициента трансформации добавленной стоимости в новый приток затрат на исследования и разработки (m). Тогда уравнение для изменения валовой добавленной стоимости примет вид:

$$Y_{n+1} = Y_n + Y_n g_Y \left(1 - \frac{Y_n}{Y_{\max}}\right) - m\frac{k_R}{k_Y}R_n. \qquad (19)$$

Уравнение для изменения затрат на исследования и разработки будем выводить аналогичным образом, учитывая, что максималь-

ная величина затрат $R_{\max}$ определяется объемом валовой добавленной стоимости в экономической систем в данный момент времени с учетом удельных величин и коэффициента трансформации:

$$R_{\max} = Y_n \frac{k_Y}{k_R m}. \qquad (20)$$

Тогда для затрат на НИОКР получаем уравнение:

$$R_{n+1} = R_n + R_n g_R \left(\frac{Y_n \frac{k_Y}{k_R m} - R_n}{Y_n \frac{k_Y}{k_R m}} \right) =$$

$$= R_n + R_n g_R \left(1 - \frac{m \frac{k_R}{k_Y} R_n}{Y_n} \right). \qquad (21)$$

Инновационный резонанс в индустриальных регионах России

Для понимания экономического резонанса и усиления конкурентных преимуществ индустриальных регионов большой интерес представляет анализ закономерностей инновационной динамики. Так, в ходе исследования технологической структуры индустриальных регионов были выявлены закономерности смены технологических укладов на уровне региона, некоторые из которых могут быть рассмотрены как импульсы инновационного резонанса. В частности, речь идет о следующем. Смена технологических укладов, а соответственно, и инновационный резонанс начинаются в структуре затрат на исследования и разработки, и только вслед за изменением направления инноваций меняется структура выпуска и ВРП. Потенциал и перспективы технологического уклада в наибольшей степени отражает структура выпуска инновационной продукции. Все это характеризует внутренние собственные колебания экономической системы и связано с параметром r в формуле (1). Выше было отмечено, что модуляция параметра C в формуле (1), отвечающего за меры государственной поддержки, приводит к сдвигу кривой и резонансу функций. В рамках концепции саморазвития территорий [31, 32] были рассмотрены только региональные меры государственной поддержки и соответствующие им расходы консолидированных бюджетов субъектов Федерации.

Анализ существующих мер поддержки в индустриальных регионах показал, что типовой блок мер (налоговые льготы, гарантии и поручительства, субсидирование процентных ставок и лизинговых платежей, субсидирование расходов на инженерную инфраструктуру, особые экономические зоны, технопарки и индустриальные парки, поддержка малого и среднего производственного бизнеса и т. п.) нормативно закреплен во всех индустриальных регионах (табл. 2). Несмотря на это, часть индустриальных регионов сталкивается с серьезными проблемами деиндустриализации, что отмечалось выше, а часть интенсивно развивает и укрепляет позиции промышленного комплекса в экономике.

Считаем, что проблема кроется преимущественно не в том, какие меры поддержки нормативно задекларированы, а в том, сколько региональный бюджет выделяет средств для реализации указанных мер поддержки. Исследование показало, что расходы региональных бюджетов в новых индустриальных регионах и регионах, укрепивших свой индустриальный статус, в 1,5 раза выше, чем в индустриальных регионах, доля промышленности которых стремительно падает (табл. 3). Так, если в новых индустриальных регионах расходы региональных бюджетов в среднем составляют 42,5 тыс. руб. на 1 млн промышленной продукции, то в деиндустриальных регионах этот показатель равен 29,6 тыс. руб. Именно это и приводит к совпадению динамики экономического и инновационного развития и возникновению инновационного резонанса в новых индустриальных регионах, поскольку отношение инвестиций и расходов на НИОКР к ВРП во всех индустриальных регионах примерно одинаково (табл. 3).

Таким образом, наличие задекларированных мер поддержки — не гарантия ускоренного промышленного развития. Государственные расходы на развитие промышленности — не панацея. Государственные расходы выступают лишь импульсом, привлекающим инвестиции частного сектора, снижающим риски и повышающим конкурентоспособность территории. Так, по данным рейтингового агента «Экспорт», инвестиционные риски существенно ниже в новых индустриальных регионах и регионах, укрепивших свой индустриальный статус.

Для деиндустриальных регионов единственным показателем, свидетельствующим о наличии действительного потенциала новой индустриализации, является показатель наукоемкости ВРП (отношение объема НИОКР к ВРП, %). Среди деиндустриальных регионов четко выделяются те регионы, у которых данный пока-

Таблица 2

Региональные меры государственной поддержки в отдельных индустриальных регионах

Мера государственной поддержки	Регионы, укрепившие индустриальный статус			Новые индустриальные регионы		Традиционные индустриальные регионы, столкнувшиеся с негативной деиндустриализацией						
	Калужская область	Республика Башкортостан	Тульская область	Республика Марий Эл	Кировская область	Липецкая область	Красноярский край	Челябинская область	Вологодская область	Свердловская область	Самарская область	Нижегородская область
Льготы по налогу на землю				+								
Льготы по налогу на имущество	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Льготы по налогу на прибыль	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+
Льготы по транспортному налогу				+		+			+	+		
Субсидии на лизинговые платежи	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+
Гарантии по лизингу							+	+	+		+	
Предоставление госимущества в лизинг											+	
Гарантии по кредитам	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Субсидирование процентной ставки по кредитам	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Льготные инвестиционные кредиты										+		
Поручительства			+				+	+		+	+	
Гранты субъектам малого предпринимательства	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Займы субъектам малого предпринимательства	+		+	+	+		+	+	+	+		
Субсидии на подключение	+		+			+						
Услуги инкубирования			+	+	+			+	+	+		
Предоставление госимущества в аренду				+	+							+
Промышленные парки и технопарки			+	+	+					+	+	
Энергоэффективность						+					+	
Субсидии на локализацию						+					+	
Субсидии на компенсацию энергозатрат						+			+			
Субсидии на повышение квалификации			+			+			+		+	
Соцпредпринимательство			+		+	+			+	+		
Долевое участие в уставном капитале			+				+				+	
Венчурное финансирование	+									+	+	
Субсидии на международную стандартизацию						+			+			
Субсидии за инновации	+			+		+		+		+	+	
Субсидии на продвижение	+		+		+	+		+				+

Таблица 3

Отдельные показатели, характеризующие индустриальные регионы России, 2013 г.

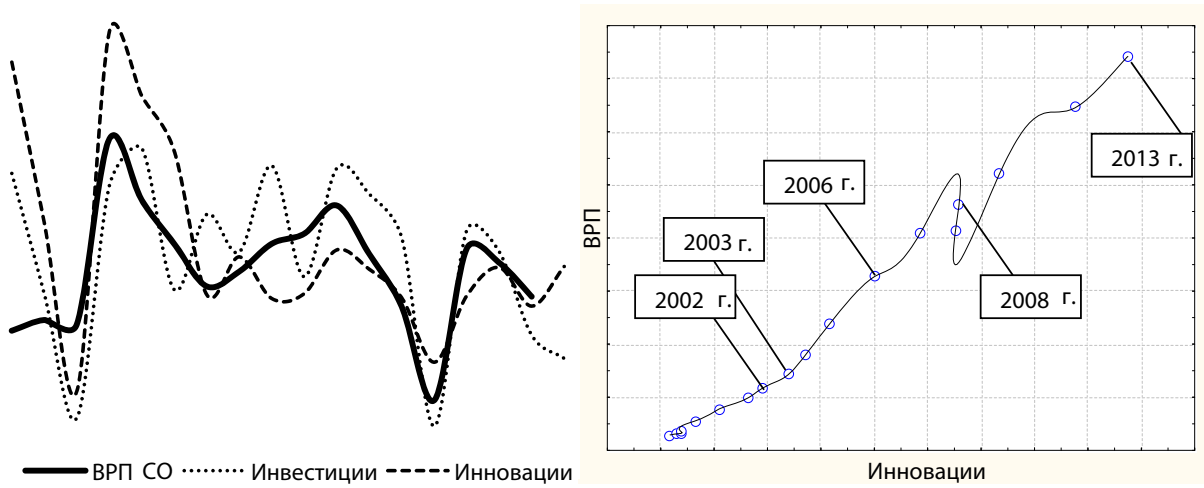
Субъект Федерации	Расходы на поддержку промышленности из консолидированного бюджета субъекта Федерации в расчете на 1 млн руб. выпуска промышленной продукции, тыс. руб.	Инвестиции в основной капитал, % к ВРП	Объем НИОКР, % к ВРП	Среднегодовой индекс промышленного производства за период 2010–2013, %
Регионы, укрепившие индустриальный статус				
Калужская область	26,2	33,3	2,79	119,3
Республика Башкортостан	24,0	20,2	0,61	107,5
Новгородская область	55,0	26,1	0,68	110,0
Тульская область	32,3	27,2	0,79	114,1
Новые индустриальные регионы				
Пермский край	17,5	18,1	1,20	111,2
Республика Марий Эл	47,9	26,9	0,15	110,1
Волгоградская область	24,8	23,7	0,80	105,2
Кировская область	66,3	23,8	0,48	107,7
Чувашская республика	50,8	30,1	0,65	109,9
Рязанская область	47,5	27,0	0,56	108,7
Традиционные индустриальные регионы, столкнувшиеся с негативной деиндустриализацией				
Липецкая область	29,1	31,7	0,07	108,7
Красноярский край	30,1	32,0	0,82	102,4
Омская область	23,7	21,8	0,65	105,6
Ярославская область	47,2	25,0	1,36	105,7
Челябинская область	22,9	22,9	1,40	105,4
Вологодская область	26,2	42,4	0,10	105,5
Свердловская область	24,7	23,7	1,37	108,7
Самарская область	28,9	22,6	1,95	107,3
Владимирская область	35,0	21,4	1,25	108,4
Нижегородская область	28,2	30,7	4,44	109,7

затель превышает 1 %: Нижегородская область (4,4 %), Самарская область (2,0 %), Ярославская область (1,4 %), Челябинская область (1,4 %), Свердловская область (1,4 %), Владимирская область (1,3 %).

Таким образом, была подтверждена гипотеза о каталитической роли государственной поддержки для инновационного резонанса, приводящая к совпадению экономической и инновационной динамики. В тех регионах, где выделяется высокий уровень государственных расходов в расчете на 1 млн выпуска промышленной продукции, среднегодовой индекс промышленного производства (ИПП) существенно выше. Так, в группе регионов, укрепивших индустриальный статус, среднегодовой ИПП составляет 113 %; в новых индустриальных регионах — 109 %; в деиндустриальных регионах — 106 %.

Также, достаточно интересно рассмотреть резонансный отклик на меры государственной поддержки на примере типичного индустриального региона — Свердловской области. На рис. 7 показаны разворотные точки, в которых экономическая динамика (сопряженный график ВРП и инноваций) меняет угол в ответ на вводимые в регионе меры государственной поддержки:

1) 2002 г.: введение в действие Закона Свердловской области № 42-ОЗ «О ставке налога на прибыль организаций для отдельный категорий налогоплательщиков в Свердловской области» от 29.11.2002 г., устанавливающего региональные льготы;



а *б*

Рис. 7. *Динамика объема ВРП, инвестиций в основной капитал и затрат на НИОКР по Свердловской области за период 1996–2013 г.*

2) 2003 г.: введение в действие Закона Свердловской области № 35-ОЗ «Об установлении на территории Свердловской области налога на имущество организаций» от 27.11.2003 г., устанавливающего региональные льготы;

3) 2006 г.: появление налоговых льгот, предоставляющихся организациям, имеющим статус участника приоритетного инвестиционного проекта Свердловской области по новому строительству в соответствии с Законом Свердловской области № 43-ОЗ от 30.06.2006 г.;

4) 2007 г.: разработка стратегического документа «Стратегия социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года» № 873-ПП от 27.08.2008 г., определяющего приоритеты развития Свердловской области;

5) 2008 г.: финансово-экономический кризис;

4) 2013 г.: утверждение стратегического отраслевого документа — государственной программы Свердловской области «Развитие промышленности и науки на территории Свердловской области до 2020 года» № 1293-ПП от 24.10.2013 г., определяющей такие финансовые меры поддержки промышленности, как предоставление субсидий организациям промышленного комплекса Свердловской области на возмещение затрат, связанных с внедрением результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в сфере промышленного производства; предоставление субсидий юридическим лицам на возмещение затрат, связанных с выполнением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в сфере нанотехнологий; предоставление субсидий юридическим лицам на возмещение затрат, связанных с выполнением работ по внедрению научно-технической продукции в сфере нанотехнологий; предоставление субсидий резидентам технопарков в Свердловской области на возмещение затрат, связанных с производством и реализацией инновационной продукции; предоставление субсидий организациям промышленного комплекса Свердловской области на возмещение затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях для реализации инвестиционных проектов, в размере, не превышающем 2/3 ставки рефинансирования ЦБ РФ, установленной на момент заключения кредитного договора; предоставление субсидий организациям промышленного комплекса Свердловской области на возмещение затрат на внедрение в производство (практическую деятельность) новых, значительно технологически измененных или усовершенствованных продуктов (товаров, работ, услуг), производственных процессов, новых или усовершенствованных технологических процессов или способов производства (передачи) услуг.

Заключение

В ходе исследования доказано, что количественной сутью инновационной динамики выступает инновационный резонанс, понимаемый в категориях синергетического подхода и отражающий нелинейные взаимосвязи неравновесных процессов обновления капитала, технологических изменений и социально-экономического роста в экономических системах. Выдвинутые гипотезы относительно суще-

ствования данного феномена были доказаны с использованием математических моделей.

В статье рассмотрены индустриальные регионы России, являющиеся основой развития национальной экономики; на сегодняшний день на долю 20 индустриальных регионов приходится третья часть всего промышленного производства России. Именно в индустриальных территориях происходят трансформация технологической структуры экономики, смена укладов, модернизация производства и потребления. Исследование показало, что индустриальный комплекс России в целом обладает достаточно высоким инновационным потенциалом, однако существует значительный разброс показателей инновационной динамики потенциала по разным регионам, соответственно, гипотеза о неравномерности экономического развития различных типов индустриальных регионов была доказана эмпирически. Анализ потенциала развития индустриальных регионов подтвердил гипотезу о необходимости разработки индивидуальной траектории развития отдельных типов регионов.

Учитывая ресурсный потенциал, накопленную экономическую и инновационную динамику, часть регионов должна развиваться по вектору новой индустриализации, часть регионов выберет для себя стратегию модернизации и поддержания традиционных отраслей, а часть индустриальных регионов объективно станет территориями обслуживания и потребления. При этом необходимо подчеркнуть, что локальные инициативы при реализации любого варианта или комбинации вариантов недостаточны для решения проблем реструктуризации территорий. Важнейшим катализатором инновационного резонанса должна стать проводимая в регионах функциональная промышленная политика, подходы к оценке эффективности которой обоснованы на основе эмпирического анализа. Данная статья начинает серию статей, посвященных инновационному резонансу. В ходе дальнейших исследований будет доказана работа модельного комплекса как на ретроспективных данных, так и симуляциях.

Благодарность

Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта РГНФ № 13–32–01258 «Оценка потенциала новой индустриализации в регионах России».

Список источников

1. Изменения в пространственной организации промышленности мира. Вторая половина XX в. — начало XXI в. / под ред. проф. И. А. Родионовой. — М.: Экон-Информ, 2009. — 260 с.

2. *Palma G. Fou*r Sources of «De-Industrialisation» and a New Concept of the «Dutch Disease» // Beyond Reforms: Structural Dynamics and Macroeconomic Vulnerability / in J. A. Ocampo (ed.), New York: Stanford University Press and World Bank. — 2005. — 210 p.

3. *Alderson A. Exp*laining Deindustrialization: Globalization, Failure, or Success? // American Sociological Review. — 1999. — № 64 (5). — P. 11–21.

4. *Blankenburg S., Palma J. G., Tregenna F.* Structuralism. — 2nd edition. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2008. — 195 p.

5. *Иноземцев В. Л.* Воссоздание индустриального мира // Россия в глобальной политике. — Т. 8. — № 4. — С. 85–98.

6. *Aiginger K.* Industrial policy: a dying breed or a re-emerging phoenix // Journal of industry competition and trade. — 2007. — № 7. — P. 297–323.

7. *Naude W.* New challenges for industrial policy. — UNU-WADER Working Paper. — 2010. — № 107. — 210 p.

8. *Rodrik D.* Industial development: stylized facts and policies. — Harvard University. — 2006. — 380 p.

9. *Романова О. А., Акбердина В. В.* Методология и практика формирования высокотехнологичного сектора экономики и создания новых рабочих мест в индустриальном регионе // Экономика региона. — 2013. — № 3. — С. 152–161.

10. *Макарова И. В., Коровин Г. Б.* Тенденции неоиндустриализации экономики старопромышленного региона // Региональная экономика. Теория и практика. — 2014. — № 31. — С. 2–13.

11. *Романова О. А., Гребенкин А. В., Акбердина В. В.* Влияние инновационной динамики на развитие региональной экономической системы // Регион. Экономика и социология. — 2011. — № 1. — № 15–32.

12. *Steinmeier F.* A growth programme for industrial renewal in Europe. — Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin. — 2012. — 193 p.

13. *Tregenna F.* Manufacturing productivity, deindustrialization and reindustrialization, UNU-WADER Working Paper. — 2011. — № 57.

14. *Гранберг А., Зайцева Ю.* Валовой региональный продукт. Межрегиональные сравнения и динамика. — М.: СОПС, 2003. — 116 с.

15. *Голубицкая М.* Региональные особенности роли промышленного производства в ВРП // Обозреватель. — 2003. — № 11 (166).

16. Промышленный каркас России / Аналитическая записка Института территориального планирования. — М., 2012. — 36 с.

17. *Гурова Т., Ивантер А.* Мы ничего не производим // Эксперт. — 2012. — № 47 (829).

18. *Акбердина В. В., Гребенкин А. В.* Возможности экономического развития Свердловской области с учетом технологической многоукладности // Экономика региона. — 2009. — № 3. — С. 39–46.

19. *Мезенцева Е. С., Кац И. В., Наумов И. В.* Инновационной малый бизнес: проблемы и перспективы развития в регионе // Журнал экономической теории. — 2008. — № 4. — С. 75–81.

20. Экономико-технологическое развитие: методология диагностики и прогнозирования / Татаркин А. И., Романова О. А., Гребенкин А. В., Акбердина В. В.; под ред. А. И. Татаркина — М.: Наука, 2011. — 402 с.

21. *Яблонский А. И.* Математические модели в исследовании науки. — М.: Мысль, 1986. — 400 с.

22. *Полтерович В. М., Хенкин А. А.* Диффузия технологий и экономический рост. М.: Наука, 1988. — 253 с.

23. *Маевский В. И.* Введение в эволюционную макроэкономику. М.: Изд-во «Япония сегодня», 1997. — 108 с.

24. *Скиба А. Н., Гарькавый В. А.* Эффект резонанса в инновационных системах — условия возникновения и экономическая интерпретация // Экономика и математические методы. — 2011. — № 3. — С. 68–79.

25. *Романова О. А., Гребенкин А. В., Акбердина В. В.* Концепция и моделирование экономико-технологической реальности региона // Проблемы прогнозирования. — 2010. — № 1. — С. 88–98.

26. Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy. — McKinsey Global Institute, 2013. — 42 c.

27. Toward knowledge-driven reindusrialisation. European Competitiveness Report. — Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. — 196 p.

28. *Багриновский К. А.* О методах адаптивного управления в переходной экономике // Экономическая наука современной России. — 1999. — № 2.

29. Медведев А. В. Адаптация в условиях непараметрической неопределенности // Адаптивные системы и их приложения. — Новосибирск: Наука, 1978. — 192 с. — С. 4–33.

30. *Сарадис Дж.* Самоорганизующиеся стохастические системы. — М.: Наука, 1980.

31. Саморазвивающиеся социально-экономические системы. Методология, прогнозные оценки / Под ред. акад. А. И. Татаркина, в 2-х томах. — М.: Экономика, 2011. — 307 с.

32. *Татаркин А. И.* Саморазвитие территориальных социально-экономических систем как потребность федеративного обустройства России // Экономика региона. — 2013. — № 4.

Информация об авторах

Акбердина Виктория Викторовна — доктор экономических наук, доцент, заведующая отделом региональной промышленной политики и экономической безопасности, Институт экономики УрО РАН; заведующая кафедрой теории управления и инноваций, Институт государственного управления и предпринимательства, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; ул. Ленина, 136; e-mail: akb_vic@mail.ru).

Гребенкин Анатолий Викторович — доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела региональной промышленной политики и экономической безопасности, Институт экономики УрО РАН; профессор кафедры теории управления и инноваций, Институт государственного управления и предпринимательства, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; ул. Ленина, 136; e-mail: avgrebenkin48@yandex.ru).

Бухвалов Николай Ювенальевич — кандидат экономических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Российская Федерация, г. Пермь, 614990, Комсомольский пр., 29; e-mail: buhvalov _ n@list.ru).

For citation: Ekonomika regiona [Economy of Region]. — 2015. — No 4. — pp. 289-308.

V. V. Akberdina, A. V. Grebenkin, N. Yu. Bukhvalov

Simulation of Innovative Resonance in the Industrial Regions

The main purpose of the article is to validate the mathematical models describing the innovative response in the industrial regions. The article gives a deep analysis of trends in the development of the Russian industrial regions, puts forward and tests the following hypotheses: the hypothesis of uneven economic development of different types of industrial regions (regions, strengthening its industrial status, new industrial regions and regions of deindustrialization), the hypothesis of the development identity of certain types of industrial regions, the hypothesis of the catalytic role of the state in the dynamics of innovation, the hypothesis of the existence of the resonance innovation in the economic system. The authors propose the innovative resonance methodology, show the conditions for the resonance in the economic system, describe the types of resonant response. The main methods used are: resonance effects, reproductive techniques and methods of economic-mathematical modelling. In the paper, the authors propose a mathematical formalization of the innovative resonance mechanism in the regional industrial system, which includes: a) the development model of investment by industry and reproductive sectors; b) the dynamic diversified

(multi-sectoral) model of reproduction; c) the model of the adaptive management of the innovative self-development of regional industrial system; d) the model of the stability of innovation dynamics and extended reproduction. The authors study the innovative response in the industrial regions of Russia. In the context of innovation resonance, the authors examined the functional industrial policies of a typical industrial region and the resonant responses associated with its implementation. The results of the study presented in the paper can be used in the justification of the mechanisms of the regional industrial policy, as well as for the assessment of the regulatory impact of the existing legal acts.

Keywords: innovative resonance, industrial regions, functional industrial policy, government support measures

Acknowledgements

This article has been prepared with the financial support of the Grant of RHF № 13–32–01258 "Assessing the potential of new industrialization in the regions of Russia".

References

1. *Izmeneniya v prostranstvennoy organizatsii promyshlennosti mira: vtoraya polovina XX v. — nachalo XXI v. [Changes in the spatial organization of the world industry: the second half of the 20th century — the beginning of 21st century].* In: I. A. Rodionova (Ed.). Moscow: Ekon-Inform Publ., 260.

2. Palma, G. (2005). Four Sources of "De-Industrialisation" and a New Concept of the "Dutch Disease". *Beyond Reforms: Structural Dynamics and Macroeconomic Vulnerability.* In: J. A. Ocampo (Ed.). New York: Stanford University Press and World Bank, 210.

3. Alderson, A. (1999). Explaining Deindustrialization: Globalization, Failure, or Suc-cess? *American Sociological Review, 64(5),* 11–21.

4. Blankenburg, S., Palma, J. G. & Tregenna, F. (2008). *Structuralism.* 2nd edition. Bas-ingstoke: Palgrave Macmillan, 195.

5. Inozemtsev, V. L. Vossozdanie industrialnogo mira [Reconstruction of the industrial world]. *Rossiya v globalnoy politike [Russia in the global policy], 8(4),* 85–98.

6. Aiginger, K. (2007). Industrial policy: a dying breed or a re-emerging phoenix. *Journal of industry competition and trade, 7,* 297–323.

7. Naude, W. (2010). New challenges for industrial policy. *UNU-WADER Working Paper, 107,* 210.

8. Rodrik, D. (2006). *Industial development: stylized facts and policies.* Harvard University, 380.

9. Romanova, O. A. & Akberdina, V. V. (2013). Metodologiya i praktika formirovaniya vysokotekhnologichnogo sektora ekonomiki i sozdaniya novykh rabochikh mest v industrialnom regione [Methodology and practice of development of the hi-tech sector of economy and creation of new workplaces in the industrial region]. *Ekonomika regiona [Economy of region], 3,* 152–161.

10. Makarova, I. V. & Korovin, G. B. (2014). Tendentsii neoindustrializatsii ekonomiki staropromyshlennogo regiona [Tendencies of neoindustrialization of the old industrial regional economy]. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika [Regional economy: theory and practice], 31,* 2–13.

11. Romanova, O. A., Grebenkin, A. V. & Akberdina, V. V. (2011). Vliyanie innovatsionnoy dinamiki na razvitie regionalnoy ekonomicheskoy sistemy [Influence of the innovative dynamics on the regional economic system development]. *Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: economics and sociology], 1,* 15–32.

12. Steinmeier, F. (2012). *A growth programme for industrial renewal in Europe.* Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin, 193.

13. Tregenna, F. (2011). Manufacturing productivity, deindustrialization and reindustri-alization. *UNU-WADER Working Paper, 57.*

14. Granberg, A. & Zaytseva, Yu. (2003). *Valovoy regionalnyy produkt: mezhregionalnyye sravneniya i dinamika [Gross regional product: interregional comparisons and dynamics].* Moscow: SOPS Publ., 116.

15. Golubitskaya, M. (2003). Regionalnyye osobennosti roli promyshlennogo proizvodstva v VRP [Regional features of the industrial production role in the Gross Regional Product]. *Obozrevatel [Reviewer], 11(166).*

16. Promyshlennyy karkas Rossii [Industrial framework of Russia]. *Analiticheskaya zapiska Instituta Territorialnogo Planirovaniya [Policy brief of the Institute of Territorial Planning].* Moscow, 36.

17. Gurova, T. & Ivanter, A. (2012). My nichego ne proizvodim [We produce nothing]. *Ekspert [Expert], 47(829).*

18. Akberdina, V. V. & Grebenkin, A. V. (2009). Vozmozhnosti ekonomicheskogo razvitiya Sverdlovskoy oblasti s uchyotom tekhnologicheskoy mnogoukladnosti [Possibilities of the economic development for the Sverdlovsk region taking into account a technological multiformity]. *Ekonomika regiona [Economy of region], 3,* 39–46.

19. Mezentseva, E. S., Kats I. V. & Naumov, I. V. (2008). Innovatsionnyy malyy biznes: problemy i perspektivy razvitiya v regione [Innovative small business: problems and prospects of the regional development]. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii [Journal of ecnomic theory], 4,* 75–81.

20. Tatarkin, A. I., Romanova, O. A., Grebyonkin, A. V. & Akberdina, V. V. *Ekonomiko-tekhnologicheskoye razvitie: metodologiya diagnostiki i prognozirovaniya [Economic and technological development: methodology of diagnostics and forecasting].* In: A. I. Tatarkin (Ed.). Moscow: Nauka Publ., 402.

21. Yablonskiy, A. I. (1986). *Matematicheskie modeli v issledovanii nauki [Mathematical models in the science].* Moscow: Mysl Publ., 400.

22. Polterovich, V. M. & Khenkin, A. A. (1988). Diffuziya tekhnologiy i ekonomicheskiy rost [Diffusion of technologies and economic growth]. Moscow: Nauka Publ., 253.

23. Mayevskiy, V. I. (1997). *Vvedenie v evolyutsionnuyu makroekonomiku [Introduction to the evolutionary macroeconomic].* Moscow: Yaponiya segodnya Publ., 108.

24. Skiba, A. N. & Garkavyy, V. A. (2011). Effekt rezonansa v innovatsionnykh sistemakh — usloviya vozniknoveniya i ekonomicheskaya interpretatsiya [Resonance effect in the innovative systems — conditions for the arising and economic interpretation]. *Ekonomika i matematicheskie metody [Economics and mathematical methods], 3,* 68–79.

25. Romanova, O. A., Grebenkin, A. V. & Akberdina, V. V. (2010). Kontseptsiya i modelirovanie ekonomiko-tekhnologicheskoy realnosti regiona [Concept and modeling of the regional economic and technological reality]. *Problemy prognozirovaniya [Problems of forecasting], 1,* 88–98.

26. *Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy.* (2013). McKinsey Global Institute, 42.

27. *Toward knowledge-driven reindusrialisation. European Competitiveness Report.* (2013). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 196.

28. Bagrinovskiy, K. A. (1999). O metodakh adaptivnogo upravleniya v perekhodnoy ekonomike [On methods of adaptive management during the transitional economy]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii [Economic science of modern Russia], 2.*

29. Medvedev, A. V. (1978). Adaptatsiya v usloviyakh neparametricheskoy neopredelennosti [Adaptation in the conditions of nonparametric uncertainty]. *Adaptivnyye sistemy i ikh prilosheniya [Adaptive systems and their applications].* Novosibirsk: Nauka Publ., 192.

30. Saradis, Dzh. (1980). *Samoorganizuyushchiesya stokhasticheskie sistemy [Self-organizing stochastic systems].* Moscow: Nauka Publ.

31. Tatarkin, A. I. (Ed.) (2011). *Samorazvivayushchiesya sotsialno-ekonomicheskie sistemy: metodologiya, prognoznyye otsenki [Self-developing socio-economic systems: methodology, predictive estimates].* In 2 vol. Moscow: Ekonomika Publ., 307.

32. Tatarkin, A. I. (2013). Samorazvitie territorialnykh sotsialno-ekonomicheskikh sistem kak potrebnost federativnogo obustroystva Rossii [Self-development of the territorial socio-economic systems as the requirement of federal structure of Russia]. *Ekonomika regiona [Economy of region], 4.*

Authors

Akberdina Viktoriya Viktorovna — Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Department of Regional Industrial Policy and Economic Security, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Head of the Chair of Management Theory and Innovation, Institute of Public Administration and Entrepreneurship, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014; 13b, Lenina Ave., Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: akb_vic@mail.ru).

Grebyonkin Anatoliy Viktorovich — Doctor of Economics, Professor, Leading Research Associate, Department of Regional Industrial Policy and Economic Security, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Professor, Chair of Management Theory and Innovation, Institute of Public Administration and Entrepreneurship Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014; 13b, Lenina Ave., Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: avgrebenkin48@yandex.ru).

Bukhvalov Nikolay Yuvenalyevich — PhD in Economics, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsmoloskiy Ave., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: buhvalov_ n@list.ru).