

DOI: 10.37930/1990-9780-2024-1-79-122-140

О. А. Романова<sup>1</sup>, Д. В. Сиротин<sup>2</sup>

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ РЕЗИЛЬЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ РОССИИ<sup>3</sup>

В целях установления параметров агент-ориентированной модели промышленного комплекса РФ для резильентного управления его функционированием выполнен ряд задач: дано теоретическое обоснование основных положений исследования; уточнён понятийный аппарат исследования, в том числе предложено авторское определение резильентности промышленности; проведён анализ кризисных периодов функционирования экономики России (1998, 2008, 2014–2015, 2020 и 2022 гг.) и уточнены особенности развития промышленности в эти периоды; статистически установлены периоды наступления и окончания кризисных явлений в ретроспективе развития промышленности России за последние десятилетия; осуществлена выборка показателей, характеризующих параметры промышленной системы, реагирующих на шоковые колебания кризисных явлений, а также показателей управляющего воздействия; проведён спектральный анализ для оценки адекватности реагирования параметров фазового вектора на шоковые колебания кризисных явлений; построен набор регрессионных уравнений для идентификации параметров модели резильентного управления промышленностью РФ. Оценено качество и обоснована возможность применения полученных оценок для описания параметров системы управления и построения прогнозов. Полученные статистические модели позволяют оценить результаты применения резильентных механизмов управления промышленным комплексом РФ и могут быть использованы для построения агент-ориентированной модели резильентного управления отечественной промышленностью.

*Ключевые слова:* резильентность, промышленность, моделирование, регрессионный анализ, идентификация параметров, управление, фазовый вектор, прогноз.

УДК 338.24; ББК 65.30-18

#### Введение

Периоды шоковых возмущений, вызванные кризисными явлениями, всё чаще проявляются в мировой экономике. Для постсоветской экономики России кризисные

---

<sup>1</sup> *Ольга Александровна Романова*, главный научный сотрудник Института экономики Уральского отделения Российской академии наук (620014, РФ, Екатеринбург, ул. Московская, 29), д-р экон. наук, профессор, e-mail: romanova.oa@uiec.ru

<sup>2</sup> *Дмитрий Владимирович Сиротин*, старший научный сотрудник Института экономики Уральского отделения Российской академии наук (620014, Россия, Екатеринбург, ул. Московская, 29), канд. экон. наук, e-mail: sirotin.dv@uiec.ru

<sup>3</sup> Исследование выполнено в соответствии с госзаданием Института экономики УрО РАН на 2024–2026 гг.

периоды являются неотъемлемой частью развития. За последние десятилетия здесь наблюдалось пять крупных экономических кризисов, включая начавшийся в 2022 г.

Социально-экономическая система в кризисные периоды сталкивается с ростом инфляции; снижением финансовой устойчивости, в том числе высокой волатильностью национальной валюты; нестабильностью рыночной конъюнктуры. Тем не менее причины кризисных явлений, их продолжительность, сила и особенности преодоления (этапов формирования, развития и затухания) как правило различаются.

Ядро экономики России составляет промышленность, во многом опирающаяся на производственный фундамент советского периода. Тем не менее за последние 25 лет в промышленном комплексе страны произошёл ряд качественных изменений технологического, организационного и структурного характера [1]. Способствовал этому в том числе развивающийся институциональный механизм РФ, результативность внедрения которого проявляется в усилении государственно-частного партнёрства и экспортно-импортных взаимосвязей; расширении перечня и росте эффективности институтов развития и инструментов промышленной политики. Каждый из приведённых аспектов способствовал созданию в России экономики сопротивления, формирующей основу экономической безопасности страны. Применительно к индустриальному сектору она представляет собой систему, устойчивую к различным внешним вызовам, в том числе проявляющимся в виде шоковых возмущений в динамике основных параметров промышленной системы.

### **Степень проработанности проблемы**

Проведённые исследования [2] подтвердили правомерность утверждения, что экономика сопротивления является системой, обладающей недостаточной резильентностью. Различия данных категорий заключаются прежде всего в источниках воздействия на негативные внешние факторы, а также в периодах оказания воздействий такого сопротивления. Как отмечает член-корреспондент РАН В. В. Акбердина, устойчивость и резильентность экономической системы являются свойствами предсобытийного и постсобытийного характера соответственно [3]. Под резильентностью можно понимать совокупность свойств, способствующих возвращению системы к устойчивому состоянию после шоковых событий (импульсов) и дальнейшему развитию [4, 5]. Такими свойствами могут обладать предприятия, подверженные внешним шоковым воздействиям. Наиболее чётко это прослеживается в промышленном секторе экономики. При этом период восстановления системы определяет скорость, с которой выполняются резильентные функции, исходя из чего параметр скорости может рассматриваться в качестве одного из основных индикаторов результативности резильентных возможностей промышленной системы.

Исходя из сказанного под резильентностью промышленности мы понимаем её способность, «поглощая» шоки, адаптироваться к ним, возвращаться в состояние динамического равновесия, рекомбинировать имеющиеся ключевые ресурсы, научно-технологический и интеллектуальный потенциал для обновления и трансформации промышленности с целью дальнейшего роста в меняющихся условиях [2]. В рамках такого подхода мы предлагаем рассматривать резильентное управление промышленностью как систему действий, направленных на повышение её резильентности.

В настоящем исследовании предполагается выполнение ряда задач, способствующих установлению основных параметров агент-ориентированной модели резильентного управления промышленным комплексом России. Параметры управления в

таких условиях должны обладать свойствами резильентности, согласно которым управление может осуществляться после начала кризисного явления непосредственно субъектом промышленной системы (за счёт собственных средств экономического агента). Такой тип управляющего воздействия может быть определён как резильентное управление. Поставленные задачи включают в себя: определение особенностей развития промышленности России в кризисные периоды; установление основных параметров, характеризующих изменения в функционировании организаций промышленного сектора в периоды кризисных явлений, а также набора управляющих параметров; проверку адекватности реагирования подобранных параметров функционирования системы на шоковые колебания; решение задачи идентификации параметров системы управления для построения агент-ориентированной модели резильентного управления промышленностью РФ (задача идентификации параметров предполагает установление линейных зависимостей между параметрами фазового вектора системы и параметрами вектора управления [6]). В ходе исследования предлагается проверить гипотезу о возможности применения результатов спектрального анализа для отбора индикаторов, реагирующих на кризисные явления.

### **Теоретическая база исследования**

Теоретическую базу исследования составляет теория сложности, в методологическую основу которой заложены системная динамика, методология взаимодействия экономических агентов и др.; а так же связанная с ней теория хаоса, а также концепция социально-экономической устойчивости.

В основе теории сложности лежат вопросы, связанные с созданием из взаимодействующих элементов системы всеобщих паттернов (закономерностей), и, наоборот, влияние паттернов на изменения, происходящие с элементами системы. Согласно теории сложности, любая экономическая система всегда находится в состоянии перманентного развития (в большей или меньшей степени) [7]. При этом сама система является многомерной и характеризуется наличием множества связей между её элементами [8]. Взаимосвязи элементов (агентов) системы достигаются множеством способов. Особенностью динамики сложных систем является её трансформационный характер [9]. Этим объясняется наличие у объекта особых свойств и возможностей формирования на их основе различных структур [10, 11].

Теория хаоса строится на том, что даже незначительная степень неопределённости начального состояния системы (начальных условий) в процессе её развития растёт и может вызывать колебания (изменения, сопровождаемые ростом рисков) в отдельных процессах.

В рамках концепции социально-экономической устойчивости интерес представляют особенности отбора показателей, характеризующих устойчивое развитие объекта [12, 13]. В частности отмечается, что широко используемые индикаторы развития социально-экономических систем не являются универсальными [14]. Применительно к промышленной системе оценка социально-экономической устойчивости должна учитывать параметры резильентности, реагирующие на шоковые колебания среды.

Данные теоретические положения легли в основу авторского методического подхода к построению агент-ориентированной модели резильентного управления промышленностью.

### **Особенности развития промышленности России в кризисные периоды**

Экономика России в постсоветский период пережила множество кризисных потрясений, вызванных самыми разными причинами. Их негативное влияние в высокой степени ощущают на себе предприятия промышленного комплекса экономики, составляющие основу её реального сектора. Тем не менее ключевые параметры промышленности отличаются от общих параметров экономической системы в целом, что требует уточнения особенностей их изменений в периоды шоковых колебаний.

**1998 год.** Наблюдаемые в России трансформационные процессы, сопровождающие переход от плановой к рыночной системе, завершились финансовым и социально-экономическим кризисом. Результатами кризисных явлений стало объявление Россией в 1998 г. дефолта; начавшаяся девальвация национальной валюты (рост курса доллара по отношению к рублю в 4 раза); стремительный рост инфляции; снижение реальных доходов граждан РФ на 27 % при сокращении их сбережений в три раза [15]; сильное ослабление банковского сектора.

С 1989 по 1999 г. ВВП России сократился в 1,8 раза, создаваемая в промышленности добавленная стоимость – в 2,2 раза, инвестиции в основной капитал – в 5 раз [16]. В. А. Мау выделяет основные этапы развития кризиса [17]: 1) ноябрь-декабрь 1997 г.; 2) январь 1998 г. 3) февраль-апрель 1998 г.; 4) май-август 1998 г. В ноябре 1997 г. выросла ставка рефинансирования - с 21 до 28 %, сократились внешние резервы ЦБ РФ - с 22,9 до 16,8 млрд долларов. В этот период наблюдались серьёзные проблемы с привлечением в промышленность денежных средств иностранных инвесторов, банковских кредитов и заёмных средств других организаций. Объёмы экспорта основных видов промышленной продукции в 1998 г. сократились более чем на 10 % к уровню предыдущего года, импорта – примерно на 18 %.

Время 1999-2008 гг. – период экономического роста, завершившийся восстановлением основных производств до уровня 1990 г., после чего наступил очередной кризис. С 2003 по 2008 г. наблюдались высокие темпы роста цен на нефтяное и газовое сырьё (10...15 % в год). С 1998 по 2008 г. цена на нефть выросла в 8 раз (с 12 до 95 долларов). Объём золотовалютного фонда России за этот период увеличился с 10 до 597 млрд долларов; в 2,8 раза выросли объёмы инвестиций в основной капитал, значительную часть которых составили государственные валютные средства. За 2000-2008 гг. рост ВВП составил 1,9 раза.

**2008 год.** Мировой системный кризис 2008 г. оказал существенное влияние на экономическую систему РФ в целом и на её структуру. Одной из глобальных причин его возникновения стали существенные изменения в технологической структуре производства в мире (появление отдельных элементов VI технологического уклада (ТУ). В связи с этим восстановление экономики ведущих стран было связано с внедрением новых технологий и трансформационными процессами в производственной системе в целом [17]. Одним из ключевых факторов роста становятся инновации.

В России в 2008 г. наблюдались отток капитала и сокращение объёмов инвестиций в основной капитал, что стало причиной ухудшения показателей обновления основных фондов и их выбытия. Период реальной эксплуатации более 20 % занятых в экономике машин и оборудования превысил установленные сроки амортизации. Это негативно сказалось на темпах роста производительности труда, энерго- и ресурсопотреблении, возможностях производства новых видов продукции.

Тем не менее объёмы импорта и экспорта отраслей промышленности продолжали увеличиваться, их рост в 2008 г. составил 135 и 136 % к уровню прошлого года соответственно. Кризис отразился на прибыльности промышленных организаций РФ в IV квартале 2008 г., когда их общий убыток составил минус 111,3 млрд рублей (до налогообложения) при прибыли в 845,2 млрд рублей, полученной в предыдущем квартале. По данному показателю вернуться на докризисный уровень промышленности смогла в I квартале 2010 г.

На рентабельность активов промышленности кризисные явления оказали заметное влияние только в I квартале 2009 г., когда рентабельность составила 1,2 % при 3,3 % в I и 8,7 % в IV кварталах 2008 г. В этот же период наблюдалось сокращение оплаты труда наёмных работников промышленных предприятий на 9,3 % (до 794,2 млрд рублей). Удельный вес прибыльных организаций с IV квартала 2008 г. по I квартал 2009 г. снизился с 65,4 до 51,8 %. Индекс физического объёма валовой добавленной стоимости организаций промышленности России упал до 88,6 % к соответствующему периоду предыдущего года (самое низкое значение за последние десятилетия).

В 2009 г. импорт основных видов промышленной продукции в РФ сократился на 43 %, экспорт – на 37,5 %. При этом объём ВВП России уменьшился на 7,8 % [16]. Тем не менее на реализацию антикризисных мер правительством было направлено почти 11 % годового ВВП. Реализованные в течение 2009-2010 гг. меры позволили восстановить ВВП и промышленность к концу этого периода до докризисного уровня. В последующие несколько лет рост ВВП РФ в среднем составлял 4 % в год.

В 2013 г. рост экономики РФ сменился стагнацией.

**2014-2015 годы.** Начавшееся в конце 2014 г. санкционное давление стран Запада на российскую экономику (на фоне присоединения к РФ Крыма) сильно повлияло на темпы её развития. На мировом финансовом рынке усилились ограничения на экспорт в Россию продукции двойного назначения и нефтегазового оборудования.

В 2014 г. объём основной номенклатуры экспорта российской промышленности сократился на 6 % к уровню прошлого года, составив 421,1 млрд долларов. Импорт промышленной продукции в РФ уменьшился с 76,7 до 67,5 млрд долларов.

В 2015 г. стагнация экономики РФ сменилась рецессией: сокращение ВВП на 2 %, промышленности – на 3,4 %. Инфляция выросла до 15,5 %. Негативные процессы по основным экономическим показателям продлились до 2016 г., в течение которого продолжили снижаться объёмы инвестиций в основной капитал. Экспортные и импортные потоки промышленной продукции в 2015 г. сократились соответственно на 32,6 и 39,8 %.

Снижение прибыли российских промышленных организаций наблюдалось в течение всего 2013 г. (к уровню соответствующих периодов предыдущего года). В I квартале 2014 г. прибыль сократилась на 4 % к предыдущему периоду – до 766,5 млрд рублей. Рентабельность активов промышленных организаций при этом снизилась с 6,3 до 1,7 %. Удельный вес прибыльных организаций сократился с 63,6 до 55,1 %. Объём оплаченного труда наёмных работников снизился на 4,2 %, составив 1 392,5 млрд рублей.

Индекс физического объёма валовой добавленной стоимости показал снижение только в I квартале 2015 г., составив 98,8 % к соответствующему периоду предыдущего года (при 102,9 % в IV квартале 2014 г.), а далее его рост восстановился.

Данный кризис сопровождался договорным снижением цен на нефть странами ОПЕК и Саудовской Аравией в 2014-2016 гг., что привело к сокращению ВВП России на 1...1,5 %. В 2017 г. им удалось договориться о сокращении добычи нефти, что способствовало выходу экономики РФ из рецессии.

**2020 год.** Первая волна пандемии коронавируса началась в апреле 2020 г. На этом фоне в экономике России произошло множество негативных явлений. В 2020 г. объём ВВП сократился на 3 %, промышленное производство уменьшилось на 2,9 % к уровню 2019 г. [18]. Объёмы экспорта и импорта основных видов промышленной продукции снизились на 30 и 5,8 % к предыдущему году соответственно. Коэффициент выбытия основных фондов составлял 0,7 % в год, при этом были превышены сроки амортизации 23 % занятых в экономике машин и оборудования (20 % в 2008 г.).

Прибыль до налогообложения промышленных предприятий РФ с IV квартала 2019 г. к I кварталу 2020 г. (до начала первой волны пандемии) снизилась с 1 895,7 до 1 347,8 млрд рублей (на 29 %). Уровень рентабельности активов за этот период упал с 8,3 до 1,2 %, объём оплачиваемого труда наёмных работников сократился с 2 181 до 2 084 млрд рублей, а удельный вес прибыльных организаций – с 69,7 до 60,2 %.

Как и в предыдущий кризисный период, индекс физического объёма валовой добавленной стоимости (к соответствующему периоду предыдущего года) снизился с задержкой, после снижения значений основных показателей финансового состояния организаций промышленности. Так, во II квартале 2020 г. он опустился до 93,4 % (при 101,1 % в I квартале).

В целях преодоления последствий пандемии Правительство России утвердило антикризисную программу, учитывающую выделение до 4 трлн рублей на борьбу с коронавирусом в 2020 г.

В октябре 2021 г. Правительством РФ был утверждён «Перечень инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года»<sup>4</sup>, затрагивающий социальную, экологическую, технологическую, цифровую и другие сферы. В рамках инициатив, предполагающих «технологический рывок», предусмотрены реализация проектов по развитию производств новых материалов, усиление позиций отечественных производителей на рынках электротранспорта и водородного транспорта, создание систем автономного судовождения, развитие чистой и новой атомной энергетики и др. Данные меры рассматриваются как приоритетные, в долгосрочной перспективе они должны обеспечить повышение уровня жизни людей и стать одним из драйверов социально-экономического роста.

На сокращение объёма инвестиций в основной капитал повлиял отток капитала из страны, объёмы которого в 2020 г. составили 48 млрд долларов. Всего за период 2013-2020 гг. отток составил 820 млрд долларов [18].

**2022 год.** Экономический кризис 2022 г., начавшийся со специальной военной операции России на территории Украины и переросший в беспрецедентную по своему масштабу санкционную войну против РФ стран Запада, является одним из серьёзнейших вызовов для нашего государства в постсоветский период.

В течение всего 2022 г. продолжали увеличиваться объёмы оплачиваемого труда наёмных работников. По отношению к поквартальным уровням предыдущего года доля прибыльных организаций почти не менялась (рост в среднем 100...102 %). Начиная со II квартала и до конца 2022 г. наблюдалось снижение рентабельности активов, а также прибыли организаций промышленного сектора экономики страны. Наиболее низкое значение индекса физического объёма валовой добавленной стои-

---

<sup>4</sup> Распоряжение Правительства Российской Федерации от 6 октября 2021 года №2816-р об утверждении «Перечня инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года». URL: <http://government.ru/docs/43451/> (дата обращения: 05.09.2023).

мости в течение 2022 г. зафиксировано в IV квартале (97,3 % к уровню IV квартала предыдущего года). С начала 2023 г. ситуация постепенно стабилизировалась.

Влияние каждого отдельного кризисного явления на параметры развития промышленности России, а также обусловленные ими негативные эффекты неравнозначны. Интервалы начала и завершения шоковых колебаний для каждого из параметров в каждый из кризисных периодов могут различаться. В связи с этим на данный момент общих закономерностей в их влиянии на параметры промышленной системы не обнаружено. Данное обстоятельство затрудняет оценку изменения резильентных свойств промышленной системы, неотъемлемым условием которой является учёт силы воздействующих на объект управления внешних факторов либо утверждение об их изначально одинаковом влиянии на параметры объекта (промышленной системы). Тем не менее возможно выделение показателей, отражающих траектории изменения параметров промышленной системы в периоды кризисных явлений по социально-экономическим, финансовым и внешнеэкономическим критериям развития, наиболее чётко реагирующих на шоковые колебания. К ним можно отнести индексы физического объёма валовой добавленной стоимости, прибыль или убыток до налогообложения, объёмы произведённой готовой продукции, рентабельность активов, оплату труда наёмных работников, экспорт и импорт отдельных товаров, удельный вес прибыльных организаций. В силу многокритериальности системы параметров фазового вектора можно полагать, что механизмы управления такими параметрами различны. Учёт наибольшего числа показателей управления позволит создать наиболее качественную систему связей, описывающих параметры системы управления промышленностью.

### **Параметры вектора управления**

При отборе параметров вектора управления учитывается, что оно осуществляется самим субъектом промышленной системы за счёт собственных средств. В качестве одного из параметров приняты краткосрочные финансовые вложения на конец периода: затраты предприятий по выкупу собственных акций у акционеров; инвестиции, вкладываемые в ценные бумаги других предприятий; приобретение государственных ценных бумаг; займы, предоставленные другим предприятиям, и др. Интервалы резких скачков в динамике краткосрочных финансовых вложений российских производителей (к соответствующему периоду предыдущего года) охватывают периоды: 1) с IV квартала 2007 г. по II квартал 2009 г. – ускоренный рост (в среднем на 170 % за период); 2) с I квартала 2014 г. по IV квартал 2015 г. – ускоренный рост (114...137 %); 3) с III квартала 2020 г. по III квартал 2021 г. – ускоренный рост (в среднем на 117 % за период); 4) II квартал 2022 г. – сокращение на 15 % общих финансовых краткосрочных вложений; 5) II квартал 2023 г. – ускоренный рост (126 %).

Определённое влияние на стабилизацию социально-экономических условий функционирования промышленной системы в кризисный период может оказать изменение объёмов затрат в незавершённом производстве, незавершённых услугах и работах (издержки обращения). Данная категория затрат, как правило, воспринимается как наименее значимая в кризисных условиях. Входящие в неё средства могут быть перенаправлены на более важные или срочные статьи расходов. Тем не менее графический анализ (рис. 1) показал, что, несмотря на сезонное снижение затрат в IV квартале каждого года, в кризисные периоды (в I квартале 2009 г.; в I квартале 2014 и 2015 гг.; в I и II кварталах 2020 г.; во II квартале 2022 г.) снижения не происходит (в сравнении с соответствующим периодом предыдущего года). Динамика изменения

значений данного индикатора в рассматриваемой ретроспективе (2004–2023 гг.) в сравнении с краткосрочными финансовыми вложениями более плавная, тем не менее можно выделить несколько беспокойных периодов: с IV квартала 2007 г. по IV квартал 2008 г. (рост 127...134 %), а также с I по II квартал 2011 г. (95...98 % к соответствующему периоду предыдущего года).

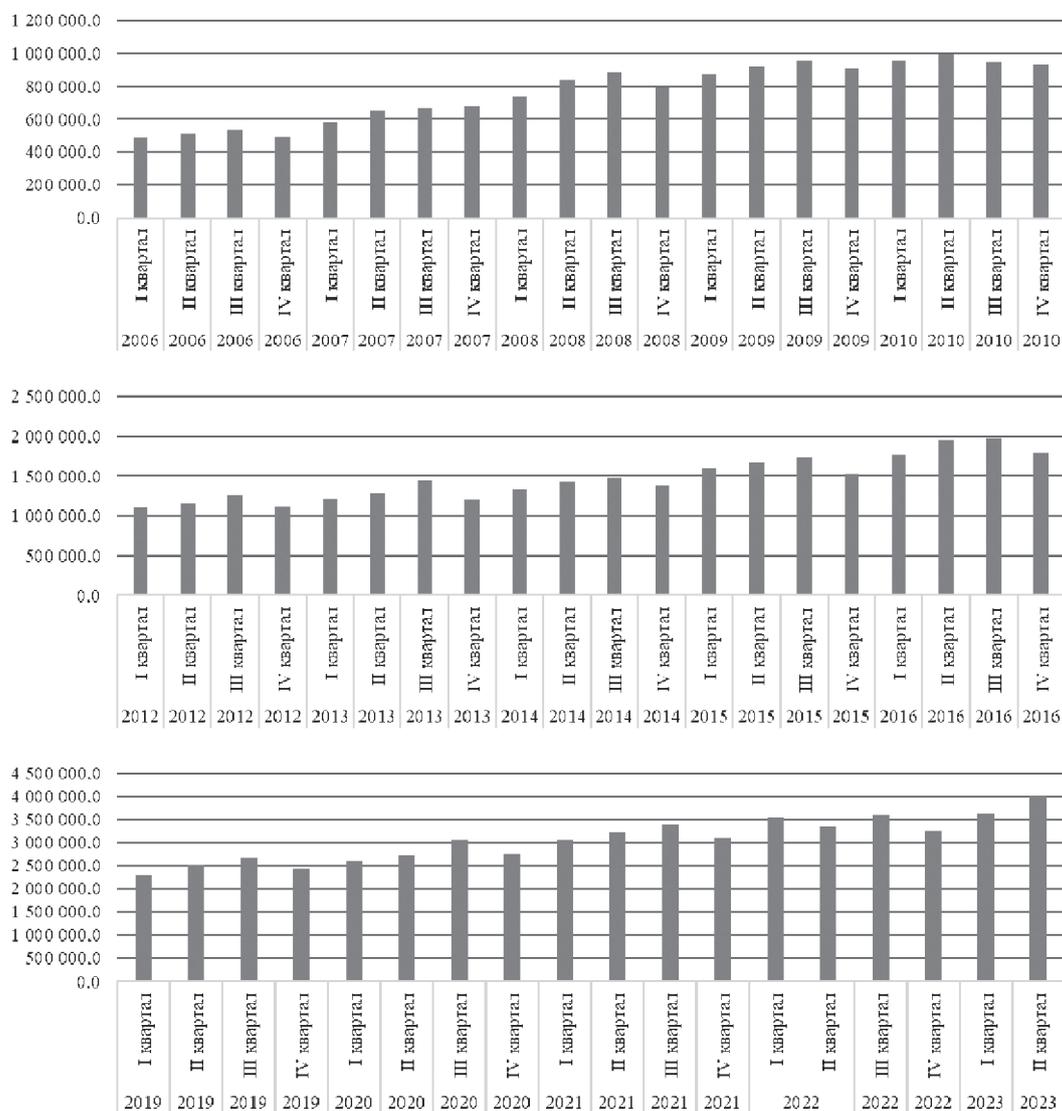


Рис. 1. Изменение затрат в незавершённом производстве (издержках обращения) на конец периода в кризисные периоды, млн р.

(составлено авторами на основе данных Росстата: URL: <https://fedstat.ru/indicator/31045>;  
<https://fedstat.ru/indicator/58012>;  
<https://fedstat.ru/indicator/59589> (дата обращения: 12.09.2023 г.)

Ключевым инструментом воздействия предприятий на обеспечение своих активов основными фондами являются инвестиции в основной капитал за счёт собственных средств. Более 55 % инвестиций в основной капитал, вкладываемых в экономику РФ в целом, приходится на промышленность. Можно полагать, что влияние инвестиций, направленных в экономику за счёт собственных средств, на параметры фазового вектора промышленной системы РФ должно быть статистически значимым. По данному показателю наиболее сильные колебания за последние 20 лет (к соответствующему уровню предыдущего года) наблюдались: со II по III квартал 2008 г. (средний рост – 135 %); с I квартала 2009 г. по II квартал 2010 г. (71,7...96,9 %); с III квартала 2010 г. по II квартал 2011 г. (137,2...157,3 %). Остальные интервалы колебаний менее существенны.

Все выделенные показатели соответствуют базовым свойствам резильентного управления, а также требованиям выстраиваемой информационной базы (периодичность, отраслевая структура объекта и др.) и приняты для решения задачи построения зависимостей, идентифицирующих параметры фазового вектора промышленной системы.

### Методология исследования

**Идентификация параметров модели резильентного управления промышленностью.** Промышленность является мультиагентной системой, в которой каждый агент в той или иной мере обладает резильентными свойствами. Последние определяют способность агентов противостоять резким скачкам (шоковым колебаниям) параметров фазового вектора под влиянием внешних воздействий. Для оценки влияния инструментов резильентного управления на будущие состояния параметров фазового вектора предлагается подход, согласно которому последовательно устанавливается каждый из параметров фазового вектора в следующий период времени ( $t+1$ ) зависимым от комплекса резильентных управляющих воздействий в предыдущий период ( $t$ ). В основу подхода положена концепция построения детерминированной экономико-математической модели прогнозирования состояния и оптимизации управления промышленностью на основе трёхуровневой иерархической дискретной управляемой динамической системы, предложенной доктором физ.-мат. наук А. Ф. Шориковым [6, 19].

Экономический смысл решения данной задачи заключается в получении статистической модели для построения возможных траекторий социально-экономического развития промышленного комплекса РФ, обладающего резильентными свойствами, в условиях кризисных явлений. На основе такой модели могут выполняться задачи принятия управленческих решений и оптимизации процессов развития промышленности.

На предварительном этапе параметры фазового вектора проверяются на адекватность реагирования на шоковые колебания кризисных явлений. С этой целью может быть применён спектральный анализ, в основном используемый для обнаружения во временных рядах повторяющихся колебаний - сезонных факторов или кризисных явлений (не являющихся выбросами). Можно полагать, что на основе данного метода возможны обоснование влияния кризисных явлений на параметры развития промышленности, а также сопоставление силы их влияния в различные периоды относительно друг друга. Такие оценки можно использовать для проверки научных гипотез, предполагающих сопоставление кризисных периодов развития промышленности, оценки степени достижения ею резильентных свойств,

а также для отбора показателей, реагирующих на кризисные явления. В связи с этим проверим следующее утверждение: если на временном ряду показателя, определяющего один из параметров системы, сила всплеска, выделяющего спектральный период между кризисами, не будет превышать силу всплеска сезонного фактора, то такой показатель непригоден в качестве индикатора влияния на систему кризисных явлений. Данная гипотеза будет проверена при апробации предлагаемого подхода.

Достижение поставленной цели сводится к решению задачи идентификации параметров линейной дискретной динамической системы, предполагающей описание динамической системы в фазовом пространстве. Для решения используем метод формирования линейных регрессионных уравнений [20]. При этом оценка статистической значимости переменных, определяющих параметры модели резильентного управления промышленным комплексом РФ, включает ряд этапов:

1. *Оценка значимости переменных* путём построения модели множественной регрессии, определяемой как условное математическое ожидание зависимого фактора  $y$  ( $y = x_n(t+1)$ ) при  $n$  значениях  $x$  объясняющих признаков  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . Предварительно на данном этапе проверяется наличие линейной зависимости между базовыми переменными модели, создающей эффект мультиколлинеарности, сопоставлением парных коэффициентов корреляции между базовыми переменными. На базе регрессионного анализа оцениваются коэффициенты  $b_1, b_2, \dots, b_n$  объясняющих признаков и свободный член  $b_0$ .

2. *Проверка гипотезы* о достаточном уровне значимости коэффициентов регрессии и уравнения в целом (нулевая гипотеза) на основе критерия Фишера-Снедекора.

3. *Оценка полноты полученной зависимости*. Для этого используется множественный коэффициент детерминации  $R_2$ , отражающий степень линейной зависимости предиктора от переменных модели [21]. Согласно критерию Чеддока, сила связи является высокой при  $R_2$  в пределах  $0,7 \dots 0,9$  и очень высокой (или функциональной) в интервале от  $0,9$  до  $0,99$  [22].

4. *Определение доверительных интервалов (интервалов допустимой погрешности) для найденных параметров*. Для их установления используются значения стандартной ошибки коэффициентов уравнений (Std. Error), отражающие их статистическую надёжность. На данном этапе сопоставляются исходные ряды  $x_1(t+1), \dots, x_n(t+1)$  с рядами прогнозной оценки соответствующих функций регрессии ( $y$ ) для проверки имитационной точности.

**Выборка данных и апробация подхода.** Выборку для построения регрессионных уравнений составляют статистические данные, описывающие параметры объекта исследования – промышленности России на федеральном уровне, а также параметры системы управления на уровне организаций промышленности, представляющие собой инструменты резильентного управления, помогающие предприятиям самостоятельно снизить влияние кризисных явлений на свою экономическую деятельность.

Периодичность данных информационной базы составляет один квартал, что обосновано необходимостью выделения кризисных периодов. Для описания параметров объекта управления в выборку информационной базы включены индикаторы: 1) индексы физического объёма валовой добавленной стоимости в основных ценах (к соответствующему периоду предыдущего года), % ( $v_1$ ); 2) прибыль (убыток) до нало-

гообложения, млн р. ( $v_2$ ); 3) готовая продукция на конец периода, млн р. ( $v_3$ ); 4) рентабельность активов, % ( $v_4$ ); 5) оплата труда наёмных работников, млн р. ( $v_5$ ); 6) экспорт отдельных товаров, млн р. ( $v_6$ ); 7) импорт отдельных товаров, млн р. ( $v_7$ ); 8) удельный вес прибыльных организаций, % ( $v_8$ ).

Параметры вектора управления заданы показателями: 1) краткосрочные финансовые вложения на конец периода, млн р. ( $u_1$ ); 2) затраты в незавершённом производстве (издержках обращения) на конец периода, млн р. ( $u_2$ ); инвестиции в основной капитал по источнику финансирования - собственные средства (по экономике в целом), млн р. ( $u_3$ ). При подготовке статистических данных к проведению регрессионного анализа проведено дефлирование стоимостных показателей на базе индексов цен производителей промышленных товаров. Значения показателей, описывающих параметры объекта управления, при построении моделей смещены на один период (квартал) вперёд.

По показателям, характеризующим параметры фазового вектора, проведён спектральный анализ для оценки адекватности их реагирования на шоковые колебания кризисных явлений (рис. 2).

Из данных рис. 2 видно, что по переменной  $v_4$  (рентабельность активов) сезонный фактор создаёт большее возмущение, чем другие воздействия. Можно полагать, что данный индикатор недостаточно чётко реагирует на кризисные явления и может быть исключён из дальнейшего исследования. По переменной  $v_8$  (удельный вес прибыльных организаций) возмущение, вызванное кризисными явлениями, по силе всплеска находится между двумя сезонными воздействиями, соответствующими двум и четырём периодам (кварталам). Следовательно, данный показатель с высокой долей вероятности не будет должным образом реагировать на параметры управляющего воздействия (коррелировать с ними). Остальные анализируемые показатели адекватно реагируют на шоковые колебания кризисных явлений и могут быть использованы для описания параметров резильентного управления промышленностью РФ.

При построении агент-ориентированной модели для описания динамики объекта управления значимость параметров фазового вектора в каждый период времени задаётся исходя из их значений за предыдущий период, параметры системы управления задаются коэффициентами, определяющими их значимость и взаимосвязанность. Такие коэффициенты могут быть найдены путём решения задачи идентификации параметров дискретной управляемой динамической системы на основе множественного регрессионного анализа.

Регрессионный анализ проводился в два этапа. На первом были получены зависимости для большинства предикторов. Влияния принятых механизмов управления на параметры  $v_1$ ,  $v_4$  и  $v_8$  в период  $(t + 1)$  не установлено. Для предикторов  $v_2(t + 1)$ ,  $v_3(t + 1)$ ,  $v_6(t + 1)$  и  $v_7(t + 1)$  были определены достаточно чёткие зависимости от управляющих факторов в период  $t$ . Для усиления качественных характеристик моделей была проведена проверка временных рядов переменных моделей на наличие выбросов, после обнаружения и удаления которых выполнен второй этап регрессионного анализа (см. таблицу). В данную таблицу не вошли предикторы, зависимости которых от параметров управления не установлены. Таким образом, из дальнейшей работы исключены параметры фазового вектора  $v_1$ ,  $v_4$  и  $v_8$ .

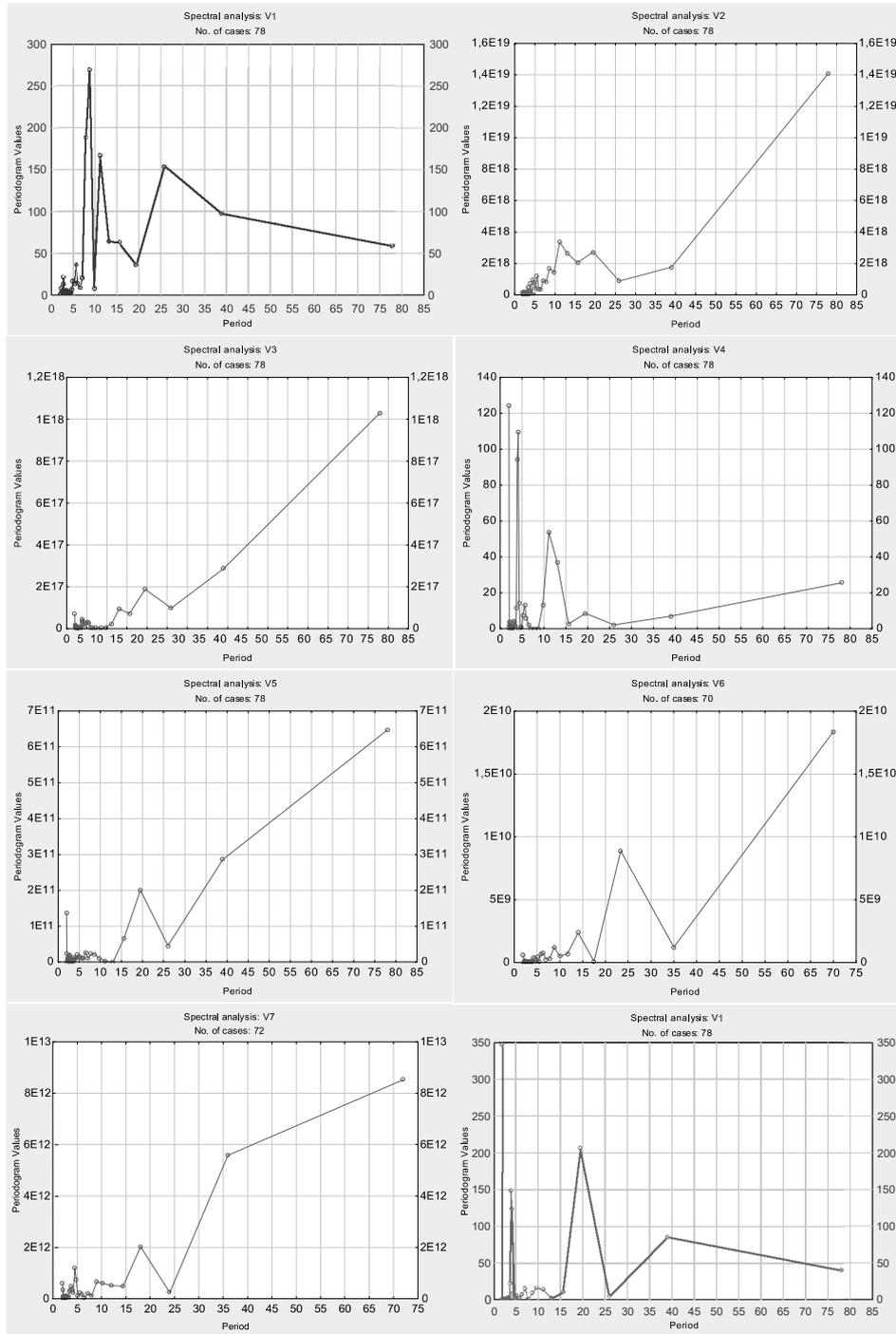


Рис. 2. Результаты спектрального анализа (составлено авторами)

Результаты регрессионного анализа\*

Фазовый вектор в период $t+1$	Свободный член $u_0$	Коэффициент $b$ управляющих факторов			Качественные показатели модели (доля охвата, статистическая значимость)					Общая оценка качества модели
		$u_1$	$u_2$	$u_3$	$R^2$ (multiple $R^2$ )	$\sigma = (1-R^2) / 100$	$Fp$	$p$	Std.Err. of Estimate	
$v_2(t+1)$	-431109	0	1,222	0	0,818	18,195	$F(1,47) = 211,316$	5,18E-19	531010,7	Высокое
$v_3(t+1)$	52192,65	0	0,483	0,11	0,973	2,674	$F(2,67) = 1219,110$	1,28E-36	83517,29	Очень высокое
$v_5(t+1)$	315657,2	0	0,684	0	0,958	4,190	$F(1,69) = 1577,639$	1,45E-34	128142,5	Очень высокое
$v_6(t+1)$	1143910	0,653	0	0	0,908	9,231	$F(1,49) = 481,805$	5,29E-27	425205,5	Высокое
$v_7(t+1)$	182736,6	0	0,401	0	0,896	10,345	$F(1,53) = 459,302$	8,94E-28	281681	Высокое

\* Составлено авторами на основе данных регрессионного анализа, полученных в среде программного комплекса Statistica.

В ходе регрессионного анализа установлена зависимость влияния затрат в незавершённом производстве и на незавершённые работы и услуги на будущую прибыль предприятий, оплату труда наёмных работников и импорт основных товаров. Установленные зависимости справедливы, поскольку затрачиваемые средства данной категории идут на приобретение сырья и материалов (в том числе импортируемых), оплату рабочей силы и оказывают влияние на получаемую прибыль или убытки. Это говорит о том, что в периоды кризисных явлений политика компаний, предполагающая сохранение объёмов затрат в незавершённом производстве, является единственно правильной, эффективной и способствует развитию резильентных свойств. Также средства, идущие на незавершённое производство, совместно с инвестициями в основной капитал способствуют росту объёмов готовой продукции на предприятиях промышленности. На экспорт основных товаров промышленного производства наибольшее влияние оказывают краткосрочные финансовые вложения. Данные затраты включают в себя инвестирование в ценные бумаги других организаций и государства, выкуп собственных акций, предоставление займов и др. Такие траты, как правило, могут себе позволить компании, имеющие устойчивую финансовую позицию, а также свободные денежные средства прежде всего в конвертируемой валюте, основным источником которой для промышленных предприятий являются экспортные операции. Следовательно, можно говорить, что сохранение и/или усиление экспортноориентированности также способствует развитию свойств резильентности.

**Анализ полученных результатов**

Все полученные в ходе регрессионного анализа зависимости являются статистически значимыми. Тем не менее построенные регрессионные модели можно условно разделить на две группы. В первую вошли модели, значение коэффициента множественной детерминации которых находится в пределах 0,8...0,9. Получаемый на их основе прогноз отличается достаточно высоким качеством. Во вторую группу включены модели, значение  $R^2$  которых выше 0,9. Прогнозные качества этих моделей можно охарактеризовать как очень высокие (рис. 3).

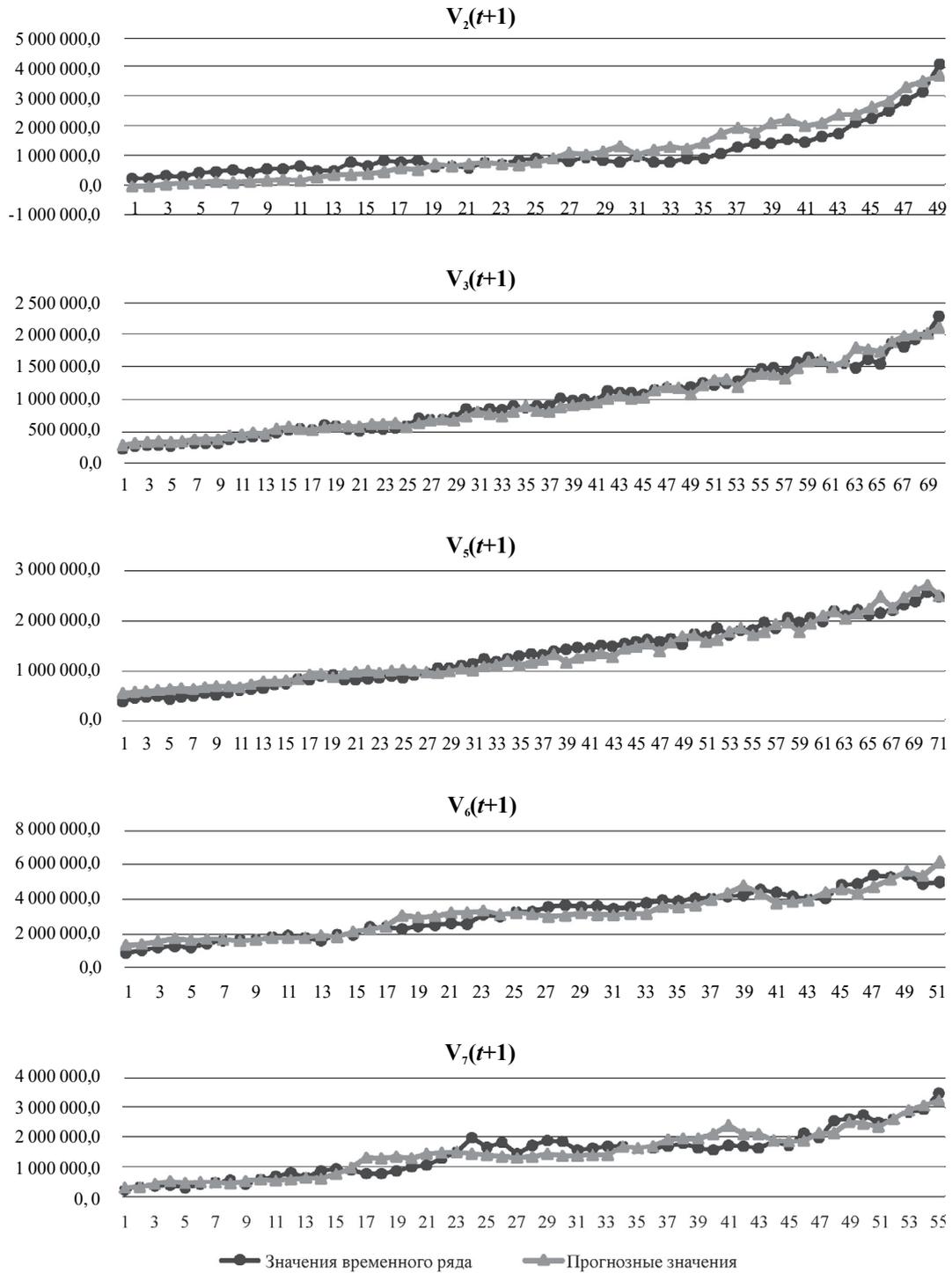


Рис. 3. Графики сопоставления исходных и прогнозных рядов, по оси  $x$  – порядковый номер наблюдения (составлено авторами)

Сопоставление исходных временных рядов с прогнозными отражает адекватность работы всех построенных регрессионных моделей. Базовые переменные ( $v_2$ ,  $v_3$ ,  $v_6$  и  $v_7$ ), для установления значений которых в период  $(t + 1)$  построены статистически значимые зависимости, могут быть использованы для описания основных параметров базового вектора в последующий (после выполнения субъектами промышленной системы управленческих действий) период времени, при построении агент-ориентированной модели резильентного управления промышленностью России.

### Выводы

В ходе работы проверена гипотеза возможности применения результатов спектрального анализа для отбора индикаторов, реагирующих на кризисные явления. Полученные результаты показали, что, когда сезонный фактор создаёт большее возмущение, чем иные воздействия, рассматриваемый показатель слабо реагирует на шок-овые колебания и не пригоден в качестве индикатора влияния кризисных явлений. При проверке гипотезы отклонённые в результате спектрального анализа переменные были апробированы при регрессионном моделировании для установления связей между параметрами фазового вектора в период  $(t + 1)$  и параметрами резильентного управления в предшествующие им периоды. Результаты показали отсутствие линейной зависимости между исключёнными по результатам спектрального анализа переменными и прошедшими его. Также установлено отсутствие связи исключённых переменных с управляющими показателями. Таким образом, результаты корреляционно-регрессионного анализа подтвердили выдвинутую гипотезу.

По результатам исследования получено пять статистических моделей высокого и очень высокого качества, которые можно использовать для построения прогноза. Установленные коэффициенты взаимосвязи каждого из основных параметров фазового вектора в следующие периоды времени и комплекса управляющих воздействий резильентного характера в предыдущие периоды могут применяться для описания параметров при построении агент-ориентированной модели резильентного управления промышленностью РФ.

Научная новизна работы заключается в развитии теоретических и методологических положений концепции резильентной экономики, в дополнении положений теории сложности, связанных с созданием систем всеобщих паттернов (закономерностей), обладающих особыми свойствами. Авторское определение резильентности промышленности показывает целесообразность выделения категории *резильентное управление промышленностью*. В рамках развития концепции социально-экономической устойчивости предложен подход, учитывающий отбор показателей, адекватно описывающих траектории развития промышленности в кризисные периоды и определение влияния на них отдельных параметров резильентного управления.

Предложенный подход позволяет оценить результаты применения резильентных механизмов управления промышленностью в условиях кризисных явлений. Полученные на его основе оценки могут быть использованы для принятия управленческих решений и оптимизации процессов развития промышленности.

### Список литературы

1. Андреева, Е. Л. Перспективы неиндустриального развития России в условиях текущих сдвигов / Е. Л. Андреева, А. И. Татаркин // Экономист. – №2. – С. 11–22.

2. Романова, О. А. От экономики сопротивления - к резильентной экономике (на примере промышленного региона) / О. А. Романова, Д. В. Сиротин, А. О. Пономарева // *AlterEconomics*. – 2022. – №19(4). – С. 620–637. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4>
3. Акбердина, В. В. Факторы резильентности в российской экономике: сравнительный анализ за период 2000–2020 гг. / В. В. Акбердина // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2021. – №17, 8(401). – С. 1412–1432.
4. Jurgita V., Pekarskiene I., Palekiene O., Simanaviciene Z. (2019). An Assessment of Socio-Economic Systems' Resilience to Economic Shocks: The Case of Lithuanian Regions. Sustainability. 3. 566. doi: 10.3390/su11030566.
5. Никулкина, И. В. Факторы, определяющие резильентность социально-экономических систем арктических поселений / И. В. Никулкина, О. В. Гордячкова, Ж. Герарди // *Экономика, предпринимательство и право*. 2020. – №10(12). – С. 2977–2988. DOI: 10.18334/ep.10.12.111478.
6. Шориков, А. Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах / А. Ф. Шориков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997. – 248 с.
7. Брайан, Артур У. Теория сложности в экономической науке: иные основы экономического мышления / Артур У. Брайан // *Terra Economicus*. – 2015. – №13(2). – С. 15–37.
8. Смородинская, Н. В. Усложнение организации экономических систем в условиях нелинейного развития / Н. В. Смородинская // *Вестник Института экономики РАН*. – 2017. – №5. – С. 104–115.
9. Сложные системы: целостность, иерархия, идентичность / В. А. Устюгов, В. И. Кудашов, М. А. Петров [и др.]; рец.: Е. Н. Викторук, И. Н. Круглова. – Красноярск: СФУ, 2020. – 203 с.
10. Castelle, K., Bradley, J. & Chesterman, Ch. (2022). Systems Theory for Complex System Governance. *Topics in Safety, Risk, Reliability and Quality*, 40, 97–118. DOI: 10.1007/978-3-030-93852-9\_4.
11. Karaca, Y. (2022). Theory of complexity, origin and complex systems. In book: *Multi-Chaos, Fractal and Multi-fractional Artificial Intelligence of Different Complex Systems*. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90032-4.00003-1> (date of access: 12.09.2023).
12. Павлов, К. В. Социально-экономическая и экологическая устойчивость реформы / К. В. Павлов // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2006. – №9. – С. 6–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-ekonomicheskaya-i-ekologicheskaya-ustoychivost-reformy> (дата обращения: 09.09.2023).
13. Романова, О. А. Методы и инструменты прогнозирования социально-экономического развития региона: синергетический подход / О. А. Романова, В. В. Акбердина, А. В. Гребёнкин. - Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2009. – 47 с.
14. Флуд, Н. А. Как измерить «устойчивость развития»? / Н. А. Флуд // *Вопросы статистики*. – 2006. – №10. – С. 19–29.
15. Аганбегян, А. Г. О необходимости планирования в новой России. / А. Г. Аганбегян // *Вопросы политической экономии*. – 2021. – №2(26). – С. 27–44.
16. Аганбегян, А. Г. Новая Россия: 30 лет без экономического роста. / А. Г. Аганбегян // *Научные труды ВЭО России*. – 2021. – №6(232). – С. 34–81. DOI: 10.38197/2072-2060-2021-232-6-34-81.
17. Мау, В. А. Сочинения: в 6 т. – Т.4: Экономика и политика России: год за годом (1991–2009). – М.: Изд-во «Дело» АНХ, 2010. – 832 с.

18. Аганбегян, А. Г. Новые тренды в кризисной ситуации 2020–2021 гг. / А. Г. Аганбегян // Экономика северо-запада: проблемы и перспективы развития. – 2021. - №2. – С. 5–19. DOI: 10.52897/2411-4588-2021-2-5-19.

19. Акбердина, В. В. Управление промышленными комплексами: иерархическая агент-ориентированная модель / В. В. Акбердина, А. Ф. Шориков // Управленец. – 2022. – №6(13). – С. 2–14. DOI: <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2022-13-6-1>. EDN: WNQLUI.

20. Haslwanter, Th. (2022). Linear Regression Models. An Introduction to Statistics with Python, 1651, 229–263. DOI: 10.1007/978-3-030-97371-1\_12.

21. Pacala, F. A. (2023). A multiple regression analysis of economic outputs as a factor in TIMSS score in science among selected countries in Asia. *International Journal of Humanities, Social Sciences and Business (INJOSS)*. 2. 218-224. DOI: <https://doi.org/10.54443/injoss.v2i2.51>. (date of access: 05.10.2023).

22. Zolotarev, K., Belyaeva, N., Mikhailov, A.N. & Mikhailova, M. (2016). Dependence between LD50 for Rodents and LC50 for Adult Fish and Fish Embryos. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 162. 439–444. DOI: 10.1007/s10517-017-3636-y.

### References

1. Andreeva E. L., Tatarkin A. I. (2016). Prospects for neo-industrial development of Russia in the context of current changes. *Ekonomist [Economist]*. 2. 11–22. (In Russ.)

2. Romanova, O. A., Sirotin, D. Vl. & Ponomareva, A. O. (2022). From Resistance Economy to Resilient Economy (the Case of an Industrial Region in Russia). *AlterEconomics*, 19(4), 620–637. <https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.4> (In Russ.)

3. Akberdina V.V. (2021). Faktory rezil'entnosti v rossijskoj ekonomike: sravnitel'nyj analiz za period 2000–2020 gg [Resilience factors in the Russian economy: a comparative analysis for the period 2000–2020]. *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost' [National interests: priorities and security]*, 17, 8(401), 1412–1432. (In Russ.).

4. Jurgita B., Pekarskiene I., Palekiene O., Simanaviciene Z. (2019). An Assessment of Socio-Economic Systems' Resilience to Economic Shocks: The Case of Lithuanian Regions. *Sustainability*, 3, 566. doi: 10.3390/su11030566.

5. Nikulkina I. V., Gordyachkova O. V., Gerardi Zh. (2020). Faktory, opredelyayushchie rezil'entnost' social'noekonomicheskikh sistem arkticheskikh poselenij [Factors that determine the resilience of the socio-economic systems of Arctic settlements]. *Ekonomika, predprinimatel'stvo i parvo [Economics, entrepreneurship and law]*. 10(12). 2977 – 2988. Doi: 10.18334/epp.10.12.111478 (In Russ.).

6. Shorikov, A. F. (1997). Minimax estimation and control in discrete dynamic systems. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta [Ekaterinburg: Ural Publishing House. university], 248. (In Russ.).

7. Brajan Artur U. (2015). Complexity theory in economics: other foundations of economic thinking. *Terra Economicus*. 13(2). 15–37. (In Russ.).

8. Smorodinskaya N.V. (2017). Increasing complexity of the organization of economic systems in conditions of nonlinear development. *Vestnik Instituta ekonomiki RAN [Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences]*, 5, 104–115. (In Russ.).

9. Complex systems: integrity, hierarchy, identity. V. A. Ustyugov, V. I. Kudashov, M. A. Petrov [i dr.] (2020); reviewers: E. N. Viktoruk, I. N. Kruglova. Krasnoyarsk: SFU. 203. (In Russ.).

10. Castelle, K., Bradley, J. & Chesterman, Ch. (2022). Systems Theory for Complex System Governance. *Topics in Safety, Risk, Reliability and Quality*, 40, 97–118. DOI: 10.1007/978-3-030-93852-9\_4.
11. Karaca, Y. (2022). Theory of complexity, origin and complex systems. In book: *Multi-Chaos, Fractal and Multi-fractional Artificial Intelligence of Different Complex Systems*. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90032-4.00003-1> (date of access: 12.09.2023).
12. Pavlov K. V. (2006). Socio-economic and environmental sustainability of the reform. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National interests: priorities and security], 9, 6–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-ekonomicheskaya-i-ekologicheskaya-ustoychivost-reformy> (date of access: 09.09.2023). (In Russ.).
13. Romanova O. A., Akberdina V. V., Grebyonkin A. V. (2009). Methods and tools for forecasting the socio-economic development of the region: a synergetic approach. Ekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 47. (In Russ.).
14. Flud N. A. (2006). How to measure “sustainability of development”? *Voprosy statistiki* [Questions of statistics], 10, 19-29. (In Russ.).
15. Aganbegyan A. G. (2021). On the need for planning in the new Russia. *Voprosy politicheskoi ekonomii* [Issues of political economy], 2(26), 27-44. (In Russ.).
16. Aganbegyan A. G. (2021). New Russia: 30 years without economic growth. *Nauchnye trudy VEO Rossii* [Scientific works of VEO of Russia], 6(232), 34–81. DOI: 10.38197/2072-2060-2021-232-6-34-81 (In Russ.).
17. Mau V. A. (2010). Works in 6 volumes. T.4: Economics and politics of Russia: year after year (1991–2009). M.: Izd-vo «Delo» ANKh [M.: Publishing house “Delo” of the Academy of National Economy], 832. (In Russ.).
18. Aganbegyan A. G. (2021). New trends in the crisis situation of 2020-2021. *Ekonomika severo-zapada: problemy i perspektivy razvitiya* [Economy of the North-West: problems and development prospects], 2, 5-19. DOI: 10.52897/2411-4588-2021-2-5-19 (In Russ.).
19. Akberdina V. V., Shorikov A. F. (2022). Management of industrial complexes: a hierarchical agent-based model. *Upravlenets* [Manager], 6(13), 2–14. DOI: <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2022-13-6-1>. EDN: WNQLUI. (In Russ.).
20. Haslwanter, Th. (2022). Linear Regression Models. *An Introduction to Statistics with Python*, 1651, 229–263. DOI: 10.1007/978-3-030-97371-1\_12.
21. Pacala, F. A. (2023). A multiple regression analysis of economic outputs as a factor in TIMSS score in science among selected countries in Asia. *International Journal of Humanities, Social Sciences and Business (INJOSS)*. 2. 218-224. DOI: <https://doi.org/10.54443/injoss.v2i2.51>. (date of access: 05.10.2023).
22. Zolotarev, K., Belyaeva, N., Mikhailov, A. N. & Mikhailova, M. (2016). Dependence between LD50 for Rodents and LC50 for Adult Fish and Fish Embryos. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 162. 439-444. DOI: 10.1007/s10517-017-3636-y.

**O. A. Romanova<sup>5</sup>, D. V. Sirotnin<sup>6</sup>. Defining the Characteristics of an Agent-Based Model of Resilient Industrial Management in Russia.** The purpose of the work is to establish the parameters of an agent-based model of the industrial complex of the Russian Federation for resilient management of its functioning. To achieve this goal, a number of tasks were completed. A theoretical basis for the main provisions of the study is given. The author's definition of industry resilience is proposed. Analyzed crisis periods in the development of the Russian economy (1998, 2008, 2014-15, 2020, 2022) and the features of industrial development during these periods were clarified. The stages of crisis periods in the development of Russian industry over the past decades have been identified. The parameters of the industrial system that respond to shock fluctuations of crises and control indicators have been established. A spectral analysis was performed to assess the adequacy of the response of the phase vector parameters to shock fluctuations of crisis phenomena. Regression equations were constructed to identify the parameters of the model of resilient industrial management in Russia. The quality of the equations was assessed. The possibility of their use for estimating control system parameters and making forecasts is substantiated. The resulting statistical models can be used to build an agent-oriented model of the Russian industrial resilient management.

*Keywords:* resilience, industry, modeling, regression analysis, parameter identification, control, phase vector, forecast.

---

<sup>5</sup> *Olga A. Romanova*, Chief Researcher of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Moskovskaya St, 29, Yekaterinburg, 620014, Russia), Doctor of Economics, Professor, e-mail: romanova.oa@uiec.ru

<sup>6</sup> *Dmitrij V. Sirotnin*, Senior Research Fellow of the Center for Structural Policy, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Moskovskaya St, 29, Yekaterinburg, 620014, Russia), Cand. Sci. (Econ.), e-mail: sirotnin.dv@uiec.ru