ISSN 1994-3938 РИНЦ

КОНЦЕПЦИИ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 2 (34), 2015 год

КОНЦЕПЦИИ ПРИОРИТЕТНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: РОБОТОТЕХНИКА

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ

ФИНАНСОВЫЕ РЫНКИ

НАУЧНЫЕ КАДРЫ

ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ

ВАЛЮТНАЯ ПОЛИТИКА

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

34

КОНЦЕПЦИИ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 2 (34), 2015 год

Оглавление

КОНЦЕПЦИИ ПРИОРИТЕТНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

3. Варшавский А.Е. Проблемы экономического роста и инновационного развития: вопросы национальной безопасности

22. Варшавский Л.Е. Анализ и моделирование динамики ключевых показателей высокопроизводительных суперкомпьютеров

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: РОБОТОТЕХНИКА

36. Дубинина М.Г. Использование роботов в строительстве

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ

ФИНАНСОВЫЕ РЫНКИ

46. Соловьев Ю.П., Барбаумов В.Е., Гладких И.М., Абубакиров Т.А. Хеджирование опционных позиций (обзор)

НАУЧНЫЕ КАДРЫ

56. Никонова М.Г. Моделирование динамики численности исследователей в регионах России

ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ

ВАЛЮТНАЯ ПОЛИТИКА

68. Семенов В.П., Соловьев Ю.П., Горшкова Е.В. Эволюция валютного курса российского рубля (1992-2015 гг.)

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

77. Яркин А.П. Динамика научного потенциала России

ИНФОРМАЦИЯ

80. Требования к рукописям и рекламе

Журнал "КОНЦЕПЦИИ" зарегистрирован: в Роскомпечати 28 декабря 1995 г. Свидетельство № 014305, в Международном Центре Регистрации Последовательных Публикаций (ISSN International Centre, Париж), - ISSN 1994-393800, в каталоге Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Председатель Научно-редакционного совета журнала «Концепции» при ЦЭМИ РАН академик РАН Макаров Валерий Леонидович
Бюро Научно-редакционного совета журнала: академик РАН Макаров В. Л. (руководитель), д.э.н. Варшавский А. Е. (заместитель руководителя), д.э.н. Иванов В. В. (заместитель руководителя), к.э.н. Ставчиков А. И. (зам. руководителя – ответственный секретарь), д.ф-м.н. Айвазян С. А., д.э.н. Дементьев В.Е., к.т.н. Ильменский М. Д., член-корр. РАН Клейнер Г. Б., член-корр. РАН Цветков В.А., член-корр. РАН Королев И. С., академик РАН Маевский В. И., д.э.н. Соловьев Ю. П., к.э.н. Яркин А. П.

Главный редактор журнала Яркин Анатолий Павлович
Выпускающий редактор номера Комкина Татьяна Анатольевна

Статьи в журнале рецензируются. Мнение Научно-редакционного совета и редакции журнала может не совпадать с позицией авторов публикаций.

INTERNET: http://www.cemi.rssi.ru ; http://concept.cemi.rssi.ru
Почтовый адрес: 117418, Москва, Нахимовский проспект, 47, ком. 2109
Юридический адрес: 117420, Москва, ул. Профсоюзная 43. Контактный телефон: (495) 331-30-06; (499) 724-25-32
Электронная почта (E-mail): yarkinap@mail.ru, tania_kom@mail.ru

© Copyright Учредитель журнала А.П. Яркин. ©Copyright Журнал "КОНЦЕПЦИИ". ©Copyright Авторы публикаций

CONCEPCII

Scientific and Practical Journal

№ 2 (34), 2015

Content

CONCEPTS OF PRIORITY RESEARCHES AND DEVELOPMENT

SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY

3. Varshavsky A.E. Problems of economic growth and innovative development: questions of national security

22. Varshavsky L.E. Analysis and modeling dynamics of key indicators of high-performance supercomputers

ADVANCED TECHNOLOGIES: ROBOTICS

36. Dubinina M.G. The use of robots in construction

ECONOMICS AND MATHEMATICAL METHODS AND MODELS

FINANCIAL MARKETS

46. Solovyov Yu.P., Barbaumov V.E., Gladkih I.M., Abubakirov T.A. Hedging option positions (review)

SCIENTIFIC STAFF

56. Nikonova M.G. Modeling the dynamics of the number of researchers in the regions of Russia.

EXPERT ASSESSMENTS

THE EMPLOYMENT PROBLEMS

68. Semenov V.P., Solovyov Yu.P., Gorshkova E.V. The evolution of the exchange rate of the Russian ruble (1992-2015)

INDICATORS OF THE ECONOMIC DEVELOPMENT

77. Yarkin A.P. Dynamics of the scientific potential of Russia

INFORMATION

80. Requirements to manuscripts and advertising

The Journal «Concepcii» has been registered in Roscompechat on 28 december 1995, License No014305. ISSN 1994-3938, in Russian Science Citation Index (RSCI).

Chairman of the Scientific and Editorial Council - Academician V.L. Makarov. Bureau of the Scientific and Editorial Council: academician V.L.Makarov (Director), A.E. Varshavsky (Sc.D., Deputy Director), V.V. Ivanov (Sc.D., Deputy Director), A.I. Stavchikov (Ph.D., Deputy Director- Executive Secretary), S.A. Aivazian (Sc.D.), V.E. Dementiev (Sc.D.), M.D.Ilmensky (Ph.D.), G.B. Kleiner (Deputy Member of the RAS), V.A. Tsvetkov (Deputy Member of the RAS), I.S. Korolev (Deputy Member of the RAS), V.I. Mayevsky (Academician), Yu.P. Solovyov (Sc.D.), A.P. Yarkin (Ph.D.).

Editor-in-Chief - A.P. Yarkin . Editor number Komkina TA

Clauses in magazine are reviewed. The opinion of the editors does not necessarily coincide with the views expressed by the authors. The editors are not responsible for the content of the advertisements.

INTERNET: http://www.cemi.rssi.ru ; http://concept.cemi.rssi.ru/ Nakhimovsky prospect, 47, room 2109, Moscow, 117418, Russia. Phone (495) 331-30-06, (499) 724-25-32. E-mail: yarkinap@mail.ru, tania_kom@mail.ru

© Copyright Publisher A.P. Yarkin. ©Copyright A.P. Yarkin. ©Copyright Journal «Concepcii». © Copyright Authors of the articles and notes.

КОНЦЕПЦИИ ПРИОРИТЕТНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Проблемы экономического роста и инновационного развития: вопросы национальной безопасности

Заведующий лабораторией
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) РАН,
доктор экономических наук, профессор А.Е. Варшавский

Аннотация. Рассматриваются основные факторы, сдерживающие решение приоритетных задач по обеспечению национальной безопасности в в научно-технологической сфере, а также вопросы улучшения подготовки системы документов стратегического планирования в сфере науки, технологии и образования. Обсуждаются некоторые проблемы развития национальной инновационной системы.

Ключевые слова: инновации, макроэкономическая, политика, спрос, государственный долг, исследователи, зарплата, управление.

Annotation. The main factors that constrain priority tasks resolving to ensure national security in the scientific and technological sphere, as well as the directions of improving the development of the strategic documents planning in the field of science, technology and education are considered. Some problems of the national innovation system development are discussed.

Key words: innovations, macroeconomic, policy, demand, governmental debt, researchers, wages, management.

Проблемы выбора и реализации научно-технологических приоритетов

Перспективы устойчивого социально-экономического развития современной России во многом зависят от обеспечения спроса на инновации, достижения науки, прогрессивные технологии, в первую очередь на важнейших для страны направлениях. Спрос на инновации, в свою очередь, определяется целями и задачами социально-экономического развития страны, вытекающей из них системой приоритетов научно-технического и инновационного развития, макроэкономической и микроэкономической политикой, наличием научно-технического потенциала, человеческим капиталом и т.д. [1].

При разработке научно-технологических приоритетов в первую очередь должны быть определены цели социально-экономического развития на долгосрочную перспективу. В их числе должны быть, помимо уже известных, улучшение демографической ситуации, равномерное и эффективное развитие всей территории России, снижение чрезмерной дифференциации доходов. Одновременно необходимо в краткосрочной и среднесрочной перспективе рассмотреть сценарий обострения военно-политической ситуации вплоть до локальных и глобального конфликтов. Очевидно, модернизация экономики – это не цель, а средство для реализации поставленных целей.

Необходимо также разработать цели микроэкономической политики, в первую очередь, снижение чрезмерной дифференциации доходов как регионов, так и отдельных домашних хозяйств [2]. Региональное неравенство достигло таких размеров, что возникли чрезвычайно мощные центростремительные тенденции, которые при их сохранении и усилении становятся реальной угрозой возможного перехода от сегодняшней России с ее огромной территорией к Московско-

му княжеству. Соответственно тормозится инновационная деятельность.

На этой основе должны быть сформулированы приоритеты научно-технологической и инновационной политики. В их числе – развитие ОПК, инвестиционного комплекса, в первую очередь машиностроения, восстановление станкостроения, авиационной, электронной промышленности и других высокотехнологичных производств. Большое внимание необходимо уделить развитию сельского хозяйства и пищевой промышленности с целью отказа от импорта важнейших продуктов и перехода на самообеспечение и экспорт конечной продукции. Особое место здесь занимает развитие органического сельского хозяйства, так как благодаря большой площади земель, в которые мало вносилось минеральных удобрений или которые не обрабатывались в последние годы, здесь можно быстро добиться хороших результатов, имея в виду, в том числе, и экспорт органических (экологически чистых продуктов) и т.д. [3].

В области фундаментальных исследований в приоритетном порядке необходимо развивать следующие направления:
математика, включая прикладную математику и информатику;
исследования в области теоретической, экспериментальной и прикладной физики;
космические исследования.
топливо и энергетика будущего;
технологии и материалы будущего;
информационные технологии, включая технологии обеспечения информационной безопасности, создание суперкомпьютеров, роботов;
исследование и освоение Арктики и Антарктики;
минерально-сырьевые ресурсы России;
исследования в области медицины;
социально-экономические исследования;
общественно-гуманитарные исследования [4].

Система государственных приоритетов должна быть многоуровневой, охватывать научные направления, отрасли и производства на нескольких уровнях иерархии. Бизнес вместе с государственными компаниями должны соблюдать эти приоритеты, что требует соответствующего контроля со стороны органов государственного управления.

В настоящее время основной проблемой реализации такой системы является то, что сформулированные на верхнем уровне приоритеты научно-технологического и инновационного развития отсекаются от нижних уровней системы приоритетов главной для частных и государственных компаний целью – получением максимальной прибыли.

В результате происходит деформирование системы приоритетов: на уровнях ниже первого все подчиняется этой цели, а задачи инновационного и научно-технического развития отходят на второй план. По этой причине основное внимание уделяется относительно второстепенным проблемам – развитию венчурного бизнеса, проектов на посевных стадиях, развитию науки в вузах, реформированию РАН, коммерциализации науки и т.д.

Этим объясняется и то, что руководство многих ведущих предприятий не является профессионалами в области техники и технологии. Так, ведущие предприятия ОПК возглавляют не генеральные конструктора – инженеры, технологи и т.п., являющиеся, как ранее у нас и как сейчас в ведущих компаниях США (например, Интел и др.) и других странах, наиболее крупными специалистами в своей области, а финансисты, экономисты, отставные военные и т.п., нацеленные, как правило, на решение краткосрочных задач и не имеющие необходимых технических знаний для выстраивания долгосрочной научно-технологической, инновационной и промышленной политики фирмы (можно привести много примеров, когда головные предприятия высокотехнологичных отраслей обрабатывающей промышленности - радиотехнической, космической, ракетной и других отраслей возглавляют бывшие главбухи, банкиры, социологи и т.п.).

Основные факторы, сдерживающие решение приоритетных задач по обеспечению национальной безопасности в сфере науки, технологий и образования

Внешнюю для науки среду в России в настоящее время характеризуют прежде всего отсутствие долгосрочного спроса на отечественные инновации и отток инвестиций из отраслевой науки в результате сочетания трех системообразующих факторов: приватизация осуществлялась без учета проблемы создания соответствующей конкурентной среды; новые собственники ориентированы на краткосрочные цели; частный бизнес ориентирован на закупку зарубежных технологий, а не на развитие собственных НИОКР (следует учитывать, однако, что действие этого фактора является неоднозначным: с одной стороны, приобретение нового импортного оборудования или технологии является признаком инновационной деятельности, а с другой, оно подрывает собственную научную базу, создавая долго-

срочные проблемы для инновационной деятельности в стране в будущем).

В свою очередь, в сочетании с одновременным сокращением государственных расходов на науку отсутствие спроса на инновации привело к разрушению целого ряда направлений в отраслевом секторе НИОКР.

Недоинвестирование экономики

Важнейшая задача государственной инвестиционной политики в среднесрочной перспективе заключается в обеспечении полного и эффективного использования сбережений на инвестиции в основной капитал. Для ее решения требуется создать эффективный механизм аккумулирования финансовых ресурсов и распределения их на приоритетных направлениях экономического развития, обеспечив высокую эффективность использования государственных средств и стимулируя рост инновационного наполнения частных инвестиций. Государству необходимо принять на себя выполнение тех функций, которые не может реализовать рыночный механизм, с целью обеспечения устойчивого ускоренного развития государственного сектора науки.

Пока этого не происходит, о чем свидетельствуют соотношение валового накопления основного капитала и валовых сбережений в экономике России и других стран. Если в 1990-1991 гг. этот показатель в России был близок к 1 и соответствовал уровню наиболее развитых стран, то с 1992 г. он резко снизился, причем после дефолта 1998 г. это снижение стало более заметным. В 2012 г. этот показатель составлял всего 0,77. Доля валового накопления основного капитала в ВВП в 2014 г. составила всего 20,5% (в 2009-2013 гг. она была несколько выше: 21,2-21,8%). Это означает, что сбережения не используются в экономике, основной капитал не обновляется в должной мере, т.е. отсутствует долгосрочная инвестиционная политика. Следует отметить также неиспользование международных резервов России.

Негативное влияние проводимой макроэкономической политики на инновационную активность

Анализ политики, которой более 10 лет придерживался Минфин России вместе с ЦБ России, показывает, что повышению инновационной активности фактически должного внимания не уделяется.

С началом мирового финансового кризиса политика Минфина и ЦБ России не была нацелена на развитие технологий, в том числе за счет импорта, а поддерживала банки, которые переводили свои активы за границу. Учитывались рекомендации финансистов МВФ, которые нацелены на формирование Резервного фонда в размере 7% ВВП, сокращение бюджетных расходов, реформирование пенсионной системы, улучшение контроля над инвестициями и приватизацию госпредприятий.

Уровень монетизации экономики (М2/ ВВП) остается низким в сравнении с развитыми странами и Китаем, кредиты и прочие размещенные средства, предоставленные организациям, практически не повышались. Даже до введения санкций ставка рефинансирования ЦБР (8,25%) была сопоставима с рентабельностью несырьевых секторов экономики, а средняя ставка по кредитам для малого и среднего бизнеса (18-23%) в 2,5-3 раза превышала рентабельность сельского хозяйства, обрабатывающей промышленности и наукоемких производств[5].

Следует отметить, что политика Минфина соответствовала широко распространенной концепции о необходимости обеспечения бездефицитности государственного бюджета и даже профицита бюджета. Фактически, это было следование идеям, которые исповедовались в США.

На наш взгляд, справедливым является мнение ряда зарубежных и отечественных экономистов о том, что политика, нацеленная на профицит бюджета, не верна. Профицит бюджета усиливает сокращение агрегированного спроса и ухудшает финансовые показатели фирм. Очевидно, при профиците государственного бюджета частный сектор, имеющий бюджетный дефицит, выпускает для его оплаты обязательства (ценные бумаги, акции и др.), которые покупаются государством и зарубежными агентами. Возникающие при этом проблемы связаны с импортом иностранного капитала, что может привести к потери власти отечественных собственников. Ярким примером является автомобильная промышленность России, практически полностью принадлежащая иностранным компаниям.

В то же время государственный долг расширяет объем ликвидности для частного сектора. Это вызвано тем, что государственный долг, представленный в виде государственных ценных бумаг, более ликвиден по сравнению с акциями частных компаний из-за отсутствия риска для его покупателей, а также шоков, вызванных быстрыми изменениями на рынке государственных ценных бумаг. Таким образом, наличие государст-

венного долга и централизация государственного управления (в определенных пределах) повышают стабильность экономической системы[6, 7].

Можно показать, что для поддержания государственного долга на низком уровне (как в настоящее время в России) желательно, чтобы реальная процентная ставка была близка к нулю или, что более желательно, отрицательной, что и происходило в России. В то же время номинальная процентная ставка может быть достаточно высокой для привлечения иностранного капитала (в основном, в виде портфельных инвестиций). В этом случае, как правило, в страну приходит спекулятивный капитал. Кроме того, при низкой ставке по кредитам за рубежом становится более выгодным, несмотря на отрицательную ставку процента внутри страны, заимствование денежных средств в иностранных банках и перевод их в российские банки, предоставляющие относительно высокий процент по депозитам. Последнее особенно выгодно оффшорным компаниям, а также российским банкам. При этом целесообразно удерживать постоянным валютный курс.

Все это свидетельствует о том, что приоритет в денежной и фискальной политике отдан интересам финансового сектора. Роль экономического роста, обеспечиваемого за счет ускорения инновационного развития экономики страны, повышения темпов технологического прогресса оказывается второстепенной.

Отсюда следует, что спрос на инновации при акцентировании внимания на привлечении иностранного капитала и обеспечении низкой величины государственного долга (близкой к нулю) значительно снижается, так как желаемого для Минфина и ЦБ РФ результата можно намного легче добиться при повышенном уровне инфляции и высокой процентной ставке, а также при заниженной скорости денежного обращения и недостаточно развитом рынке государственных ценных бумаг.

В целом, следует признать, что осуществляемая макроэкономическая политика не способствует инновационному развитию экономики страны и внесла значительный вклад в то, что промышленное производство не достигло уровня 1991 г. (составляет в последние годы лишь около 90% от уровня 1991 г.)

Основные проблемы связаны со спадом производства машин и оборудования (53,5% от уровня 1991 г. в 2012 г.) и производства транспортных средств и оборудования (69,6% от уровня 1991 г.); этот спад не может компенсировать то, что производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования в 2012 г. незначительно по мировым меркам, - на 25,1% превысило уровень 1991 г. Машиностроение вместе с химическим производством составляют основу наукоемкого сектора экономики и являются основным источником спроса на результаты НИОКР (индекс химического производства, также определяющего спрос на результаты НИОКР, хотя и в меньшей степени, чем машиностроение, почти достиг уровня 1991 г. - 99,1%) [8].

Следует особо подчеркнуть, что значительное сокращение в целом всех производств обрабатывающей промышленности, составившее в середине 1990-х гг. почти 60%, привело к значительному снижению производственного и научно-технического потенциала и потере накопленных знаний, восстановление которых требует больших усилий и времени.

Таким образом, необходимый спрос на инновации и результаты, полученные в сфере НИОКР, в нашей стране не может быть обеспечен, во многом благодаря макроэкономической политике. Отсюда следуют и проблемы, связанные с их предложением, потерей научно-технического и производственного потенциала, а также знаний, оттоком специалистов из страны.

Существенное снижение объемов производства в отраслях обрабатывающей промышленности стимулировало долгосрочную тенденцию оттока кадров. Даже после резкого сокращения численности трудовых ресурсов в1992-1999 гг. за следующие двенадцать лет 2000-2012 гг. численность занятых сократилась в производстве машин и оборудования в 2,59 раза и в производстве электрооборудования, электронного и оптического оборудования в 1,35 раза при росте численности занятых в экономике страны в целом.

Ориентация на краткосрочные цели и недооценка человеческого капитала

В настоящее время главными препятствиями инновационного развития российской экономики являются: приоритетность развития сырьевого сектора относительно производственного (в особенности – наукоемких производств); ориентация на краткосрочные цели; недооценка человеческого капитала; проблемы, связанные с преемственностью научных и технологических знаний; чрезмерное сокращение военно-промышленного комплекса, в котором сконцентрирована значительная часть российских высоких технологий.

Опыт других стран показывает, что для устойчивого развития России требуется развивать наукоемкий сектор экономики. Отличительной чертой наукоемких отраслей является высокая доля добавленной стоимости в производимых

товарах и услугах. Развитие высокотехнологичных отраслей в России способно дать столь же позитивный импульс развитию экономики, который наблюдается в большинстве развитых стран.

Сосредоточенность на краткосрочных целях и игнорирование долгосрочных задач представляют собой серьезное препятствие для модернизации и инновационного развития российской экономики.

Спад в российских обрабатывающих отраслях, связанных с высокими технологиями и НИОКР, объясняется главным образом тем, что значительная доля высокотехнологичной продукции приходилась на российский ВПК. С переходом к рыночной экономике военно-промышленный комплекс, выпускавший не только оборонную продукцию, но и технически сложные потребительские товары, пострадал сильнее любой другой отрасли экономики.

Большую угрозу для будущего страны представляет недооценка высококвалифицированного человеческого капитала. В результате число занятых в сфере НИОКР продолжает снижаться: в 2013 г. оно снизилось до 47,4% относительно уровня 1992 г., а число исследователей снизилось еще значительнее – до 45,9% (см. табл.1).

Следует учитывать, однако, что если в целом в сфере НИОКР страны в 2000-2011 гг. численность исследователей уменьшилась на 51,2 тыс., что следует рассматривать как негативный процесс, свидетельствующий о сокращении научно-технического потенциала России, то в государственном секторе снижение составило всего 1 тыс. Основное сокращение произошло за счет предпринимательского сектора – на 65,5 тыс. исследователей. Доля исследователей государственного сектора НИОКР в их общей численности в последние годы относительно стабильна, а в 2000-2011 гг. она увеличилась на 3,8 п.п. Доля техников, вспомогательного и прочего персонала, занятых в государственном секторе примерно соответствует доле исследователей.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в государственном секторе, в том числе в его основной части – академическом секторе, в определенной степени поддерживаются условия для сохранения потенциала науки, и это является свидетельством его эффективности, большой роли для будущего России.

Таблица 1. Занятые в сфере НИОКР (номинальная численность), 1992-2013 гг. Источник: данные Росстата.

	1992	1995	2000	2005	2010	2013
Занятые в сфере НИОКР	1532618	1061044	887729	813207	736540	727029
Включая исследователей	804043	518690	425954	391121	368915	369015

Представляет интерес межстрановое сопоставление численности исследователей в расчете на 10 тыс. населения. При его проведении обычно используются данные не о номинальном показателе, который дает Росстат, а данные в эквиваленте полного рабочего времени (FTE), которые рассчитывает ВШЭ. В данных ВШЭ, которая участвует в работах Росстата и передает этот показатель в OECD, присутствует двойной счет, поэтому эти данные оказываются значительно завышенными. К сожалению, эти завышенные данные затем Минобрнауки использует для своих тенденциозных утверждений. Например, в 2009 г. у нас было 369 тыс. исследователей, а с учетом FTE в 1,2 раза больше. Однако если рассчитывать численность исследователей с таким же коэффициентом FTE, как в странах Восточной Европы, то оказывается, что место России по числу исследователей относительно занятых в экономике находится не на уровне наиболее развитых государств, а много ниже. На рис. 1 представлены данные о численности исследователей в номинальном исчислении (by heads) на 10 тыс. человек населения (2008 г.). Они показывают, что численность исследователей в России находится на уровне Польши и уступает этом показателю для практически всех стран Восточной Европы, включая Эстонию. Эти данные дополняются представленными на рис.2, где сопоставляется численность исследователей в номинальном исчислении (by heads) на 10 тыс. занятых для России и других стран. Из рис.2 видно, что уровень этого показатель для России близок к показателю даже для Турции. Наконец, на рис.3. сопоставляются показатели численности исследователей в расчете по FTE на 10 тыс. занятых, причем для России приведены данные по официальному и уточненному коэффициенту FTE).

Конкретные цифры таковы: в России в номинальном исчислении (by heads) исследователей на 10 тыс. населения насчитывается в последние

годы около 26 человек (23 место из рассмотренных 26 стран) и на 10 тыс. занятых – около 53 человек (24 место). При расчете с учетом эквивалента полного рабочего времени (FTE) – по официальным данным с двойным счетом - примерно 64 исследователя на 10 тыс. занятых в экономике (16 место), а по уточненной оценке соотношения между численностью исследователей по FTE и в номинальном исчислении, принятому равным 0,65, т.е. близкому к этому показателю для Германии, Чехии, Польши, Словакии, Швеции, Великобритании, - примерно 35 исследователей (24 место). Другими словами, по официальной оценке, которая представляется в правительство, численность исследователей относительно занятых в экономике находится у нас на уровне, соответствующем среднему уровню стран ОЭСР, а реально она ниже уровня большинства стран - в 2010 г. по этому показателю Россия находилась на 30 месте в списке 32 стран [9].

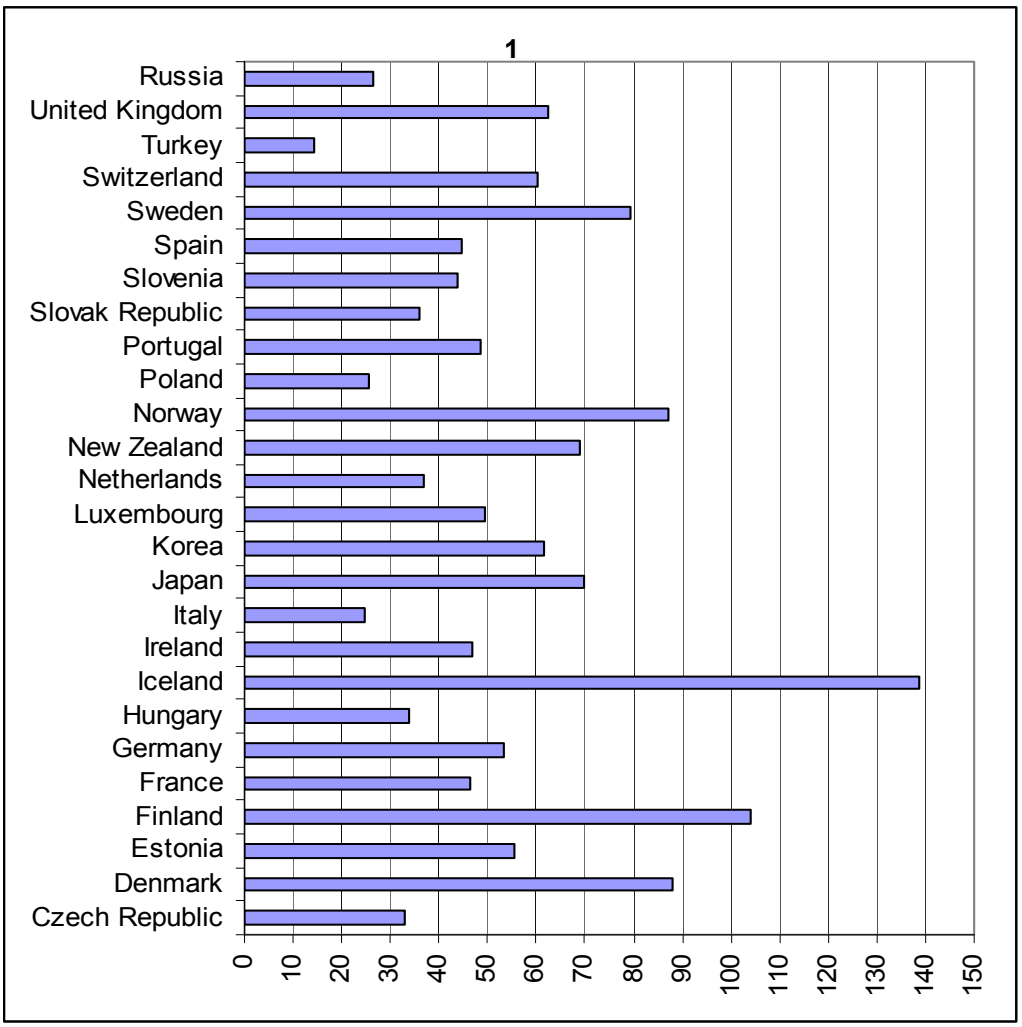


Рис.1. Численность исследователей в номинальном исчислении (by heads) на 10 тыс. человек населения, 2008. Источник: данные OECD

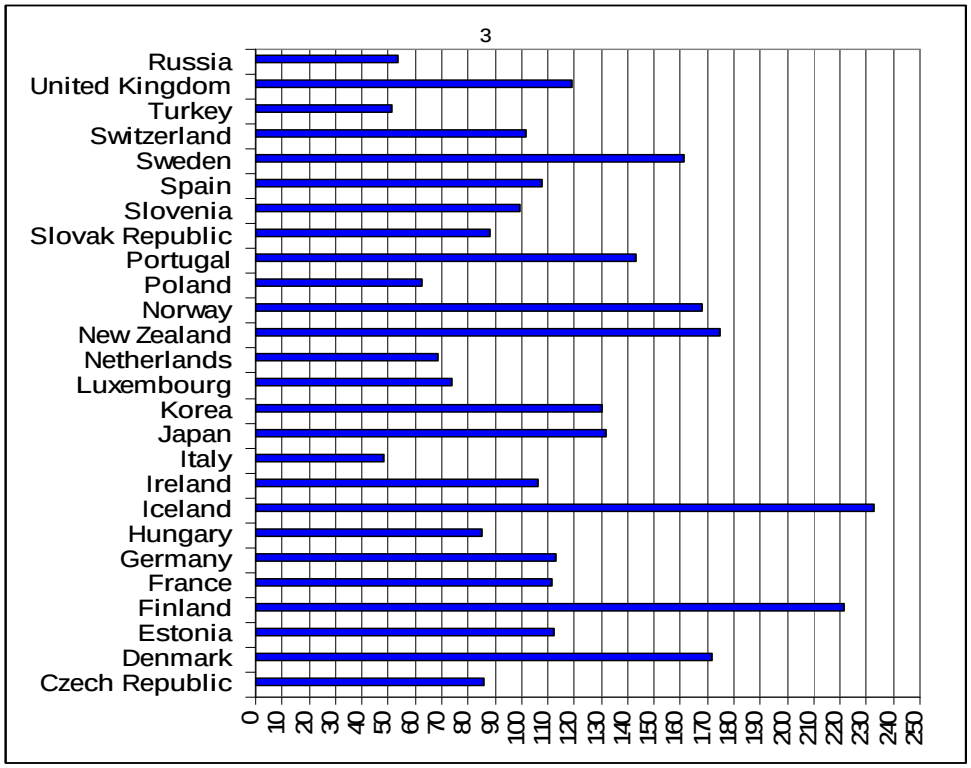


Рис.2. Численность исследователей в номинальном исчислении (by heads) на 10 тыс. занятых, 2008. Источник: данные OECD

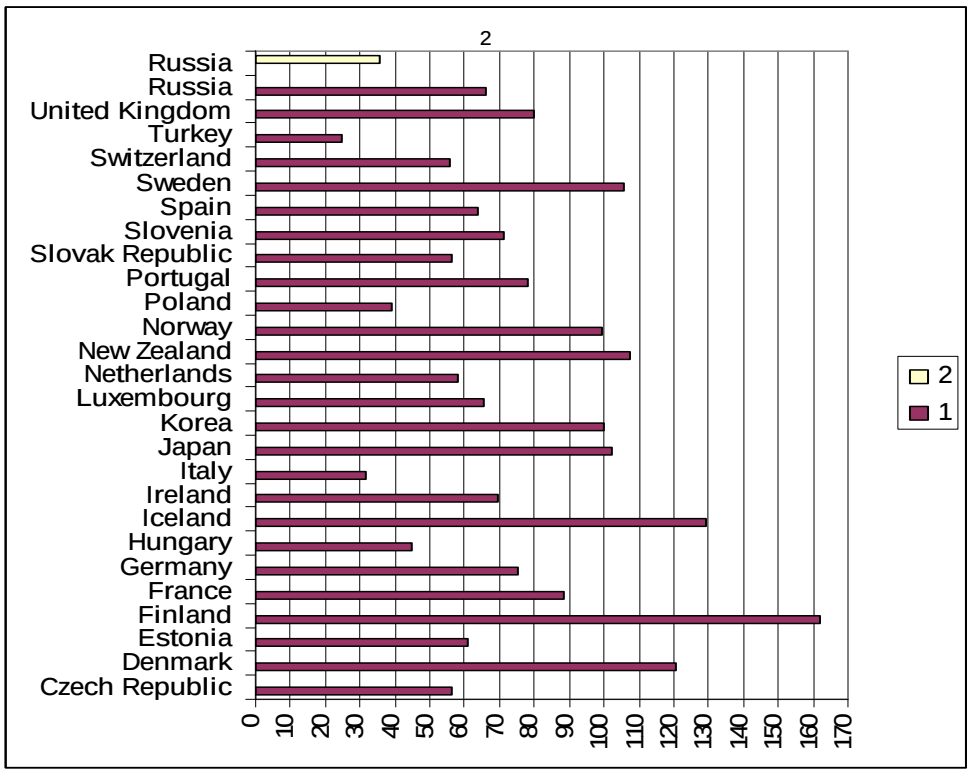


Рис.3. Численность исследователей в расчете по FTE на 10 тыс. занятых; для России – данные по официальному (1) и уточненному (2) коэффициенту FTE, 2008. Источник: данные OECD.

Следует подчеркнуть, что при сокращении научного потенциала ключевая проблема преемственности знаний эффективно не решается. В частности, значительный рост числа аспирантов во многих федеральных округах и стране в целом, в основном, за счет расширения аспирантуры в вузах, практически не влияет на приток в науку специалистов с учеными степенями, что свидетельствует о низкой эффективности системы подготовки научных кадров [10].

Общая численность молодых кандидатов наук в возрасте до 29 лет, работающих в науке и образовании после защиты диссертации, примерно в 4 – 5 раз ниже суммарного (за пять лет) выпуска аспирантов с защитой диссертации. Сейчас аспирантуру каждый год оканчивают около 30 тыс. аспирантов и примерно 10 тыс. из них с защитой диссертации, но в сфере НИОКР численность исследователей-кандидатов наук за 2000–2010 гг. сократилась более чем на 5,5 тыс. человек. Быстрый рост числа кандидатов наук, защищающихся главным образом в вузах, является свидетельством снижения требований к диссертациям. Качество высшего и среднего образования ухудшается [11, 12]. Накапливается с каждым годом нехватка инженеров и особенно технических работников и рабочих для высоких технологий и в целом для промышленности.

Следует отметить, что действующее в стране законодательство не достаточно четко способствует привлечению молодых специалистов, проходящих обучение в вузах или аспирантуре, в организации сферы ИР, в высокотехнологичные отрасли, в том числе в ОПК. К сожалению, роль Минобрнауки при этом мала, и, по-видимому, при оценке эффективности его деятельности следует учитывать показатели, характеризующие долю специалистов, работающих после окончания вузов и аспирантуры по специальности.

Снижение спроса на результаты НИОКР и инновации

Развитие сырьевого комплекса без должного внимания к высоким технологиям. отсутствие спроса на инновации обусловило также снижение спроса на результаты НИОКР, что нашло свое отражение и в непродуманных, с точки зрения долгосрочного развития страны, решениях, связанных с реформированием и сокращением академического сектора науки.

В период 2000-2013 гг. внутренние затраты на исследования и разработки увеличились в 1,88 раза в пересчете на постоянные цены. Однако данный прирост не в состоянии компенсировать существенное снижение внутренних расходов на НИОКР, произошедшее после 1990 г. (см. табл. 2). Только за 20 лет с 1991 по 2011 гг. число организаций, выполнявших исследования и разработки в России сократилось примерно на 1000 ед. К 2013 г. оно снизилось еще на 77 ед. Основное сокращение потенциала сферы исследований и разработок произошло в предпринимательском секторе науки, где за этот период число организаций уменьшилось в 2,2 раза, что свидетельствует о нацеленности бизнеса на решение краткосрочных задач в ущерб долгосрочным и о разрушении потенциала отраслевой науки.

Основными источниками финансирования НИОКР в России остаются средства бюджета – около 66% в 2013 г., включая средства ВУЗов и собственные средства государственных научных учреждений. Доля средств организаций предпринимательского сектора сравнительно невелика: 17,2% в 2012 г. В то же время на организации предпринимательского сектора, включая частные и государственные компании, приходится более 60,6% расходов на НИОКР, а доля государственного сектора составляет лишь 30,2% (2013 г.). Последний показатель включает РАН и прочие академии, на которые приходится около половины расходов государственного сектора НИОКР.

Главным источником спроса на НИОКР являются обрабатывающие производства. Как показывают оценки, выполненные для СССР и ряда наиболее развитых стран, примерно 75-90% всех затрат на НИОКР осуществляется с целью проведения исследований и разработок для развития наукоемкого сектора (в первую очередь, машиностроения и химической промышленности). Анализ зависимости затрат на НИОКР от доли машиностроения и химической промышленности в ВВП показывает, что существует достаточно четкая положительная корреляция между этими показателями: в среднем росту суммарной доли машиностроения и химической промышленности в ВВП на 5 пп. соответствует прирост затрат на НИОКР порядка 0,45-0,6% ВВП, причем это справедливо практически для всех стран.

Таблица 2. Внутренние расходы на НИОКР в 1990-2013 гг.

	1990	1992	1995	2000	2003	2004	2005	2010	2013
Внутренние расходы на НИОКР в % от ВВП*	2,90	0,74	0,85	1,05	1,28	1,15	1,07	1,13	1,13
Рост внутренних расходов на НИОКР (1990 г. = 100%)***	100	21	18	24	35	34	33	42	45

*Данные Госкомстата и Росстата.
***Оценка

В целом, следует признать, что инновационная сфера все годы после 1991 г. развивалась слабо, финансирование науки, затраты на которую снизились в начале 1990-х гг. более, чем в пять раз, несмотря на рост ВВП, практически не улучшилось (доля затрат на НИОКР после 2000 г. стабильно лишь ненамного превышала 1%), темпы прироста внутренних затрат на НИОКР были близки темпам прироста ВВП, но значительно более волатильны.

.

Рекомендации по улучшению подготовки и развитию системы документов стратегического планирования в сфере науки, технологии и образования.

Обобщение опыта и рекомендации по повышению уровня разработки научно-технической и инновационной политики

На основе анализа и обобщения работ, посвященных разработке государственной научно-технической и инновационной политики, и учета специфики социального и экономического развития России можно выделить следующие основные вопросы, которые должны приниматься во внимание разработчиками с целью повышения уровня подготовки государственных документов (более подробно см. в [13]).

Общие макроэкономические задачи. При разработке инновационной политики необходим прежде всего поиск критериев и основных направлений инновационного деятельности, а также сфер приложения (использования) инноваций на основе предварительно разработанных целей и задач социального, экономического и политического развития. Выбор и анализ этих целей позволяет обосновать критерии определения направлений инновационного развития. В документе должны быть сформулированы приоритетные направления научно-технической и инновационной политики, охарактеризован внутренний спрос на инновационные продукты и технологии и определены соответствующие показатели.

Проблемы развития национальной инновационной системы (НИС). Должны быть выделены внешние условия и факторы развития НИС, в соответствии с которыми необходимо определить возможные сценарии инновационного развития. Необходим анализ возможных угроз, возможностей, слабых и сильных сторон НИС России.

Обоснование новых и анализ выполнения поставленных ранее задач. В документе должно быть дано экономическое обоснование предлагаемых на перспективный период ориентиров, возможности решения конкретных поставленных. Если показатели предыдущей программы не были достигнуты, то следует дать анализ причин невыполнения предыдущих ориентиров. При анализе сложившейся ситуации следует правильно выделять причинно-следственные связи. Наконец, необходимо учесть возможные последствия применения и распространения ожидаемых инноваций.

Развитие сферы НИОКР. Должно быть обосновано требование изменения структуры затрат на НИОКР и проведен анализ соответствующих угроз. При предложениях, относящихся к реформированию и структурным преобразованиям науки, следует учитывать значительную инерционность развития науки и образования. При разработке предложений по значительному повышению финансирования науки в вузах нельзя опираться на среднемировой уровень показателей, так как исторически у нас сложилась другая структура науки.

Решение проблемы преемственности знаний. Особое внимание следует уделить вопросам

преемственности в науке и образовании, подготовки кадров и их мобильности, учитывая, что здесь возможные угрозы могут быть особенно ощутимы в долгосрочной перспективе.

Система индикаторов. Используемая система перспективных показателей должна содержать целевые индикаторы для отраслей обрабатывающей промышленности, особенно наукоемких, а также показатели, относящиеся непосредственно к инновационной деятельности. Следует избегать использования, как это часто делается в правительственных документах, стоимостных показателей в номинальном выражении.

Приватизация собственности. Масштабы государственного участия. При разработке механизма реализации инновационной политики необходимо прежде всего рассмотреть вопросы, относящиеся к выбору вида собственности, определив, в каком секторе (общественном или публичном) более эффективно будут использоваться инновационные решения, следует ли осуществлять национализацию или приватизацию производства.

Коммерциализация результатов НИОКР. Следует учитывать, что достижения науки далеко не всегда могут и должны быть коммерциализированы. В первую очередь это относится к фундаментальной науке, в несколько меньшей степени – к прикладной.

Оценка результативности сферы НИОКР. Необходимо определить, что понимается под более эффективным результатом применения инновации (рост масштабов производства или снижение цены, удешевление продукции, повышение качества, срока жизни, улучшение условий труда, повышение жизненного уровня, снижение дифференциации доходов населения и т.п.).

При использовании библиометрических показателей и др. следует принимать во внимание, что их главное назначение – не оценка эффективности науки и образование, а выявление направлений, где ожидается получение новых результатов фундаментальных и прикладных исследований. Следует учитывать, что, как уже отмечалось учеными ЦЭМИ РАН и зарубежными специалистами, целесообразнее эффективность ученых оценивать в расчете на единицу затрат на науку.

Достоверность статистической информации. Особое внимание следует обратить на недостоверность ряда статистических показателей, в частности, численности исследователей в эквиваленте полного рабочего времени, данные об инновационной деятельности и др.

Организационные преобразования. Все предложения, которые связаны с организационными преобразованиями инерционных объектов и институтов, таких, как наука, образование и т.п., должны быть тщательно обоснованы с учетом российского опыта подобных перестроек, как положительного, так и отрицательного. Следует учитывать, что эффективность реформирования в условиях кризиса может оказаться очень низкой, но осуществленные мероприятия могут оказать долгосрочный негативный эффект на развитие инновационной системы страны.

Международное сотрудничество. При разработке инновационной политики следует осторожно подходить к интеграции национальной науки в глобальное научное сообщество, к открытию науки, образования для внешнего мира, предоставлению актуальной информации иностранным фирмам.

Межстрановые сопоставления. Следует учитывать, что в России произошло разрушение сектора науки и высоких технологий и сейчас началось его слабое восстановление, т.е. ситуация в инновационной сфере России не сопоставима с тем, что происходит в странах с рыночной устойчивым экономическим ростом.

Обеспечение полноты рассмотрения. При разработке программ развития инновационной сферы, науки и технологии должна быть обеспечена полнота рассмотрения, т.е. должны быть рассмотрены все сектора и стадии науки, отрасли наукоемкого сектора и высокие технологии. При этом большое внимание должно быть уделено отраслевой науке, где, в основном, и осуществляются разработки, Очевидно, документ не может называться программой развития науки и технологий в России, если он посвящен только отдельным вопросам (например, развитию академической и вузовской науки или фундаментальной науки и т.п.).

Сопоставимость рассматриваемых объектов. В случае конкретизации определенных приоритетов, например, относящихся к бюджетному финансированию фундаментальных исследований по конкретным исполнителям, причем далеко неравноценным, следует четко обосновать предлагаемые решения. Выделяемые научные организации или вузы должны отвечать при этом критерию сопоставимости.

Роль академического сектора. При оценке роли государственных академий наук, в первую очередь РАН необходимо учитывать, что академический сектор России, даже в условиях отсутствия средств, смог максимально сохранить свои кадры и основные фонды. Следует учитывать и то, что основная часть высококвалифицированных кадров работает в академическом секторе.

Проблема компетентности менеджеров. Эта проблема должна быть рассмотрена в документах, имеющих отношение к долгосрочной полити-

ке страны. По мнению ведущих специалистов, как зарубежных, так и отечественных, специалист с инженерным образованием значительно лучше понимает проблемы развития фирмы реального сектора экономики по сравнению с наемными менеджерами из сферы экономики и финансов, не имеющими никакого отношения к продукту и отрасли и ориентирующимися только на краткосрочные цели. Наемный менеджмент не связан с устойчивым развитием фирмы, у него нет ответственности за фирму.

Оценка сроков осуществления инновационных сдвигов. Очевидно, при подготовке правительственных документов, в первую очередь, стратегий долгосрочного развития, необходимо содержательное обоснование нормативов, оценка временного периода их достижения, а также анализ факторов, определяющих их величину. Результаты межстранового анализа показывают, что за десять лет возможно достижение следующих показателей: максимальный прирост внутренних затрат на НИОКР для достаточно крупной страны может составить примерно 0,8-1,2 пп. ВВП (это означает, что при разумной научно-технической и социально-экономической политике для России реален выход через десять лет на уровень порядка 2,4-2,5%); снижение доли государственного финансирования науки в пределах 12 пп. (расчеты показывают, что при увеличении внутренних затрат на НИОКР в % ВВП на 1,2пп доля государственного финансирования НИОКР в России может снизиться за 10 лет максимально примерно до 51-53%); рост численности персонала, занятого исследованиями и разработками, за 10 лет примерно на 250-350 тыс. человек (что значительно меньше, чем было потеряно в России после 1991г.).

Таким образом, представляется, что все предложения по инновационному развитию страны должны исходить из четко сформулированных долгосрочных целей социально-экономического развития страны и разработанных на этой основе программ на длительную перспективу, а также результатов анализа внешних для НИС факторов и угроз.

Сказанное подтверждает необходимость системного подхода к разработке государственных документов, относящихся к инновационной и научно-технической политике. Оно свидетельствует также о необходимости обеспечения преемственности знаний и опыта старшего поколения специалистов молодыми, менее опытными исполнителями, о целесообразности привлечения к разработке таких важных документов ученых РАН и специалистов-отраслевиков, имеющих большой опыт работ по подготовке комплексных программ НТП страны, а также проектов, выполненных в период перехода к рынку по поручению министерств и ведомств.

По-видимому, целесообразно, силами ученых РАН и отраслевых научно-исследовательских институтов, организовать обучение специалистов высшего звена соответствующих ведомств с целью передачи им теоретических и практических знаний в области разработки научно-технической и инновационной политики.

Для повышения качества государственных документов необходимы значительные усилия, в том числе существенное обновление коллектива разработчиков с привлечением квалифицированных ученых и специалистов. Безусловно, необходимо также, чтобы всегда в подобных документах указывались физические и юридические лица, ответственные за их подготовку. Принцип ответственности в данном случае должен строго соблюдаться.

Подготовка высококвалифицированных специалистов и рабочих кадров
Проблемы нехватки инженерно-технических кадров в России

По оценкам, в России острую нехватку инженерно-технических специалистов в настоящее время испытывает около половины промышленных предприятий. Молодежь отдает предпочтение гуманитарным специальностям, молодые люди стремятся стать экономистами и юристами. В таких отраслях, как машиностроение, информационные технологии, в авиационной и космической отрасли, дефицит инженерно-технических кадров ощущается особенно остро. Престиж работы и оплата труда в банках и в целом в финансово-кредитной сфере необоснованно выше, чем в инженерных областях, а ответственность существенно ниже [14,15,16]. Это подтверждается данными о средней заработной плате в Москве в 2015 г. по отдельным специальностям, которые являются в настоящий момент самыми востребованными на рынке труда столицы. Представляет интерес их сопоставление с уровнем должностных окладов научных сотрудников РАН, см. табл.3.

Таблица 3. Средняя заработная плата в Москве в 2015 г. по специальностям и должностные оклады научных сотрудников в РАН. Источник: Средняя заработная плата в Москве 2015 году, сайт bs-life.ru, 10.05.2015 и должностная сетка окладов сотрудников РАН

Специальность	Средняя зарплата в месяц, руб.
Директор магазина	109800
Торговый представитель	83100
Прораб	77200
Программист	76000
Сантехник	72900
Менеджер по продажам	67200
Фрезеровщик	64800
Сварщик	60600
Фармацевт	58600
Менеджер	56400
Товаровед	56400
Продавец-консультант	56700
Электромонтажник	56700
Учитель	55000
Электрик	52000
Продавец	51800
Водитель	51400
Монтажник	50000
Арматурщик	50000
Бетонщик	50000
Веб-дизайнер	48800
Слесарь	47700
Разнорабочий	47500
Электромонтер	47300
Грузчик	44600
Бухгалтер	44000
Курьер	40500
Администратор	39700
Оператор на телефон	39400
Официант	39600
Охранник	38300
Горничная	37600
Повар	36700
Кассир	36700
Дворник	35900
Уборщица	34500
Посудомойщица	29800
Оклады в РАН	
Заведующий лабораторией РАН, доктор наук	32496
Главный научный сотрудник РАН, доктор наук	32496
Ведущий научный сотрудник РАН, доктор наук	29198
Ведущий научный сотрудник РАН, кандидат наук	25198
Старший научный сотрудник РАН, кандидат наук	22280
Научный сотрудник РАН	16473
Младший научный сотрудник РАН	14588

Исправление неоправданной дифференциации оплаты, свидетельствующей об искажении шкалы ценностей, легче всего осуществить, сокращая численность занятых НИОКР в 2-3 и более раз при фиксированном фонде заработной платы. Этот, наиболее простой путь поддерживается некоторыми чиновниками, в том числе высокого ранга, не желающими однако понять, что он ведет к гибели российской науки. Второй путь – простое увеличение фонда оплаты труда, с одной стороны, достаточно длителен и зависит от темпов экономического роста, а с другой – не даст результата, если на государственном уровне не будет исправлена шкала оплаты труда. Для этого надо, чтобы труд врачей, преподавателей, ученых и других подобных профессий, необходимых для повышения здоровья, культуры населения и обеспечения стабильного развития страны в долгосрочной перспективе оплачивался выше труда работников сферы рыночных услуг [17,18,19, 20,21]. Другими словами, повышение оплаты труда ученых должно сочетаться с одновременным относительным снижением доходов работников финансового сектора, торговли и т.п., в том числе путем введения прогрессивной ставки налога на доход физических лиц.

.

Проблемы развития национальной инновационной системы. Учет высокой роли академического сектора науки

Значительное сокращение спроса на результаты прикладных НИОКР привело к упадку российской сферы НИОКР, а также увеличению доли и, соответственно, роли академий. Принимая во внимание тот факт, что в академиях заняты более 52% докторов наук и 40% кандидатов наук российской сферы НИОКР, они представляют собой ключевой сектор российской науки.

Следует отметить, что доля исследователей академического сектора, работающих в регионах Сибири и Дальнего Востока в общем числе исследователей этих регионов, превышает аналогичный показатель в целом по стране. Этот факт наглядно демонстрирует важность академических учреждений в развитии российских регионов и преодолении региональных различий.

Академический сектор науки мотивирован на передачу знаний от старших поколений ученых своим молодым коллегам. Так, в Московском государственном университете им. Ломоносова почти 53% курсов лекций в начале 2000-х гг. были разработаны учеными РАН. Например, шесть из семи преподавателей, читающих междисциплинарный курс «Молекулярная физиология», являются сотрудниками академий (РАН и РАМН); среди преподавателей, ведущих лекционный курс «Современные проблемы нанотехнологий», тринадцать из двадцати трех лекторов представляют РАН, и т.д.

То, что развитие исследовательских университетов, призванных конкурировать с РАН, способно принести пользу российской науке, не очевидно. Может оказаться, что, как указывает Лига европейских исследовательских университетов (объединение двадцати двух наиболее выдающихся европейских научно-исследовательских университетов), «научно-исследовательская работа, возможно, становится врагом высшего образования, а не его дополнением», и что университет нельзя рассматривать в качестве «супермаркета, продающего типовые изделия, пользующиеся популярностью в текущий момент».

Очевидно, создававшаяся с петровских времен и унаследованная Россией структура науки с ведущей ролью РАН не может быть искусственно реформирована даже в течение нескольких десятилетий с тем, чтобы университеты заняли место академий наук. С другой стороны, роль академического сектора является ведущей в повышении уровня вузовской науки, и именно его развитие должно стимулироваться в первую очередь [22].

Необходимость использования экспертной оценки в качестве основного метода определения результативности ученых

В большинстве случаев эффективность фундаментальных научно-исследовательских работ, проводимых в России, оценивается при помощи количества публикаций в признанных международных научных журналах или показателей цитирования. Значительные недостатки этого метода: невозможность использования библиометрических методов для всех направлений науки (например, для математических, общественных наук и т.д.), гонка за количеством статей в ущерб их качеству, фальсификация результатов с целью скорейшей публикации и др. отмечаются ведущими зарубежными и отечественными исследователями. Основный вывод при этом сводится к необходимости определять результативность научных коллективов и ученых экспертным методом.

Что касается оценки эффективности сферы НИОКР и отдельных организаций в сравнении с другими странами, то следует использовать метод, основывающийся на оценке числа опубликованных статей, числа цитирований и др. в расчете на один миллион долларов расходов на НИОКР по ППС. Результаты расчетов показывают, что, несмотря на экономические трудности, в том, что касается числа публикаций, деятельность российских исследователей характеризуется высоким уровнем эффективности. По показателю «Среднегодовое число статей в расчете на 1 млн. долл. расходов на НИОКР» Россия (по данным за 1996-2005 и 2005-2009 гг.) опережает США и в среднем страны ОЭСР, а также Китай, а по показателю «Среднегодовое число цитирований в расчете на 1 млн. долл. расходов на НИОКР» находится на одном уровне с Японией и Китаем.

Следует подчеркнуть, что и при использовании модных в настоящее время библиометрических методов оценки результативности труда ученых академический сектор занимает первое место в России [23].

Задачи повышения уровня управления российской наукой

В 2013 г. Министерство образования и науки РФ инициировало процесс реформы РАН. Был подписан федеральный закон о реформе РАН от 27 сентября 2013 г., в соответствии с которым РАН объединяется с РАМН и РАСН. При этом организации, входящие в академии, и их имущество переданы в управление Федеральному агентству научных организаций (ФАНО).

По-видимому, на следующем этапе реформирования, как это предлагается многими специалистами, целесообразно разделить Минобрнауки РФ на два министерства – министерство науки или Государственный комитет России по науке и технике (ГКНТ России, аналог ГКНТ СССР) и министерство образования, причем первое из них можно было бы создать на базе ФАНО, тем самым расширив функции ФАНО.

Государственный комитет России по науке и технике (ГКНТ России) должен обеспечивать проведение единой государственной научно-технологической и инновационной политики [24]. Главными задачами ГКНТ России в современных условиях должны быть:

определение приоритетных направлений развития науки, техники и технологии в России;

организация разработки междисциплинарных и межотраслевых проблем развития науки, техники и технологии;

стимулирование повышения эффективности исследований и разработок и ускорения использования достижений науки, техники и технологии в экономике страны;

контроль использования достижений науки, техники и технологии в экономике страны;

реализация государственной политики в сфере научно-технической и инновационной деятельности, а также охрана прав на объекты интеллектуальной собственности;

организационно-экономическое регулирование вопросов развития научно-технической и инновационной деятельности и охраны прав на объекты интеллектуальной собственности;

планирование и контроль подготовки научных работников высшей квалификации в целом и по отраслям науки в аспирантурах и докторантурах;

оценка совместно с Российской академией наук уровня развития науки, а также техники и технологии в отраслях экономики, выработка предложений по их ускорению развития и повышению экономической эффективности;

содействие в формировании и проведении научно-технической и инновационной политики в субъектах Российской Федерации;

разработка и проведение единой государственной политики в области международного научно-технического сотрудничества;

развитие инновационной инфраструктуры;

содействие использованию в экономике передовых зарубежных технологий;

стимулирование и поддержка бизнеса в области коммерциализации и внедрения достижений науки, техники и технологии;

мониторинг и методическое обеспечение коммерциализации достижений науки, техники и технологии, созданных за счет средств государственного бюджета;

обеспечение контроля за исполнением законодательства в области охраны прав на объекты интеллектуальной собственности;

контролирование использования средств государственного бюджета, выделяемых на развитие науки, техники и технологии и инновационную деятельность;

формирование стратегии и государственных программ научно-технологического и инновационного развития России;

контролирование выполнения государственных программ развития науки, техники и технологии;

мониторинг общественного мнения относительно развития науки, техники и технологии в стране;

организация и обеспечение функционирования единой системы государственной научно-технологической экспертизы;

мониторинг и анализ мировых тенденций развития науки, техники и технологии;

обеспечение развития системы научно-технической информации.

организация и осуществление совместно с Российской академией наук системы комплексного прогнозирования и оценки социально-экономических результатов развития науки, техники и технологий в России;

разработка предложений по совершенствованию механизмов правового, экономического регулирования и стимулирования научной, научно-технологической и инновационной деятельности в стране;

отбор совместно с Российской академией наук, министерствами и ведомствами наиболее перспективных результатов фундаментальных исследований, выполненных научными учреждениями РАН и высшими учебными заведениями, с целью стимулирования их дальнейшего использования в государственном и частном секторах экономики;

стимулирование использования важнейших открытий, изобретений и результатов поисковых исследований и разработок;

мониторинг и контроль за технологическим уровнем развития отдельных производств;

разработка предложений по стимулированию и правовому обеспечению развития науки, техники и технологии, проведению государственной политики в области правовой охраны интеллектуальной собственности, развития научной и инновационной деятельности.

Таким образом, необходимо осуществить целый ряд серьезных мероприятий. Безусловно, необходимо использовать положительный опыт наиболее развитых стран, относящийся к активизации инновационной деятельности.

Вместе с тем требуются значительная реорганизация органов государственного управления, имеющих отношение к инновационной политике, а также повышение качества подготовки управленческих решений на основе широкого привлечения для этого ведущих ученых и специалистов РАН и других ведомств государственного сектора ИР и предварительной апробации разрабатываемых предложений на ограниченном числе объектов.

Важным условием является принятие решений на высшем уровне только после глубокого обсуждения с научно-технической общественностью с использованием института независимой экспертизы (эксперты должны выбираться не из чиновников, а из числа ведущих ученых, инженеров и специалистов).

В наиболее развитых странах общество начинает понимать, что для решения многих социально-экономических проблем ключевым является сектор знаний. Поток проблем разнообразен и интенсивен, поэтому организация сектора знаний, отвечающая этому вызову, должна быть гибкой, динамичной и экономически эффективной. В настоящее время для России также важно изменение отношения общества к сфере НИОКР [25, 26]. Особое внимание должно быть уделено поддержке и достойной оценке обществом достижений российских ученых, исследователей, инженеров и специалистов, а также научно-исследовательских, проектных и конструкторских организаций, в целом научно-технического потенциала страны [27].

Прогноз показателей развития сферы НИОКР

Для того, чтобы обеспечить за счет технологического развития темп роста ВВП порядка 0,7% в год, который имел место в среднем за период в 2000-2012 гг. в США (0,73%) и Японии (0,76%) и в 2000-2007 гг. в среднем в странах ЕС (0,8%), необходимо выделять на НИОКР около 3,0% ВВП. В США на НИОКР выделялось 2,90% ВВП (2009 г.), в Японии - 3,26% (2010 г.), в Германии – 2,82% ВВП (2010 г.); в среднем в странах ЕС этот показатель составлял 2,03% ВВП, т.е. в1,81 раза выше, чем в России [28].

В России в 2010 г. выделялось 1,13%, в 2011 г. 1,09% в 2012 и 2013 гг. – по 1,12% ВВП. Для того, чтобы выйти на уровень наиболее развитых стран и обеспечить только за счет науки, и технологий и инноваций темп прироста ВВП порядка 0,7%, необходимо так же повысить затраты на НИОКР примерно до 3% ВВП. Анализ опыта развитых стран показывает, что для того, чтобы нарастить затраты на НИОКР с уровня 2013 г. до уровня 2,6-2,8% ВВП, может потребоваться примерно 15 лет [29], т.е. этот показатель может быть достигнут в России к 2030 г. (исходя из максимального прироста затрат на НИОКР за 10 лет порядка 0,8-1,2% ВВП). В 2013 г. в России доля государственного финансирования составляла 65,8% от всех затрат на НИОКР. Как показывает опыт развитых стран, за 10 лет можно снизить долю государственного финансирования НИОКР и, соответственно, повысить долю частного сектор, можно максимально на 7-12 пп., т.е. к 2030 г. доля государственного финансирования может быть снижена примерно до 56 – 48%.

При этом необходимо учитывать, что потребуется восстановление численности персонала, занятого НИОКР. Учитывая, что, как показывает опыт развитых стран, за 10 лет максимальный прирост может составить 250-350 тыс. человек, можно предположить, что численность занятых НИОКР возможно увеличить к 2030 г. максимально на 370-525 тыс. человек (в 1992 г. она составляла почти 1533 тыс. человек, в том числе 804 тыс. исследователей, в 2013 г. – 727 тыс. и 369 тыс., соответственно). Таким образом, численность занятых максимально может быть доведена к 2030 г. примерно до 1100 – 1250 тыс. человек и численность исследователей (учитывая, что их доля в численности занятых составляла в 2013 г. 50,8%) до 550-630 тыс. человек, что приблизительно соответствует уровню 1993-1994 гг.

При таком росте затрат на исследования и разработки, а также численности занятых и исследователей, т.е. при восстановлении научного потенциала России до уровня первых лет перехода к рыночной системе, можно будет ожидать значительных прорывов в области науки и технологии.

Однако для того, чтобы добиться приведенных выше максимально возможных показателей, необходимы изменения в системе государственного стимулирования и управления (в том числе создание ГКНТ России и Фонда развития науки и технологий, аналогичного ЕФРНТ), повышенное внимание отраслевой науке и максимальное использование потенциала РАН, восстановление материальной базы существующих научных организаций, создание системы стимулов для прихода молодежи, повышение уровня высшего образования, максимальное использование опыта и знаний ученых и специалистов старших возрастных групп и предоставление им для этого всех необходимых условий без возрастной дискриминации и др. Таким образом, в целом необходимо существенное повышение финансирования сферы НИОКР, образования и сектора информационных технологий; формирование условий, адекватных долгосрочным целям развития НИС; значительное сокращение неравенства доходов и т.п. Данные меры были предложены ведущими российскими экономистами. России требуются, очевидно, особые пути решения проблемы, отличающиеся от тех, что применяются в настоящее время в других странах.

Выводы

Для развития российской науки требуются

- сохранение широкого фронта направлений научных исследований (из-за огромных географических размеров и протяженности границ, большой численности населения, значительных масштабов экономики, высокого уровня научно-технического потенциала России, ее геополитического положения);
- обеспечение преемственности научных знаний за счет одновременной поддержки как молодых, так и зрелых высококвалифицированных ученых без дискриминации по возрасту и сокращения численности;
- соблюдение важнейших нормативов финансирования, характерных для наиболее развитых стран (доля общих затрат на науку относительно ВВП, соотношение заработной платы занятых НИОКР и в отраслях услуг, а также с ее средним уровнем в экономике и др.);
- стимулирование приоритетных направлений исследований и разработок в соответствии с принципами, используемыми в наиболее развитых странах и основанными на изменении не абсолютных объемов, а удельных весов выделяемых финансовых ресурсов с целью сохранения научного потенциала на направлениях не приоритетных, но необходимых для развития научной среды в стране;
- существенная государственная поддержка науки России, так как в условиях переходного периода в России необходимы будут, очевидно, еще в течение не менее десяти лет значительные государственные ассигнования в отраслевой сектор науки;
- специальные законодательные акты, предусматривающие дополнительные ассигнования на науку в наукоемких городах и регионах;
- переработка налогового кодекса с целью расширения направлений государственной поддержки науки;
- укрепление информационной базы науки и т.д.

Долгосрочные изменения качественной составляющей экономического роста России (приоритет, отдаваемый не сырьевым ресурсам, а знаниям) должны учитываться в программах реформ и перехода на траекторию устойчивого развития.

При подготовке документов, посвященных разработке долгосрочной научно-технической и инновационной политики, необходим системный подход, учитывающий как внутренние, так и внешние факторы, влияющие на процесс модер-

низации экономики страны. При этом необходимо рассмотрение всех рисков, связанных с открытием границ, глобализацией мировой экономической системы и вхождением России в ВТО.

Следует также предусмотреть соответствующие меры по максимальной нейтрализации этих рисков для нашей страны, учитывая агрессивную политику как развитых, так и развивающихся стран, преследующих свои собственные интересы. Для этого, очевидно, необходимо сформулировать долгосрочные конкретные цели социально-экономического страны, предусмотрев поэтапное их достижение в соответствии с заданными показателями. На этой основе должна быть разработана многоуровневая система приоритетов научно-технологического развития России.

Необходимо контролировать обоснованность предложений по реформированию сферы НИОКР, системы образования и национальной инновационной системы в целом, учитывая, что предложения многих зарубежных и некоторых российских экспертов грешат чрезмерным вниманием к второстепенным факторам.

Следует понимать, что в среднесрочной перспективе определяющим будет финансирование науки из государственного бюджета (доля государственного финансирования внутренних расходов на НИОКР в 2013 г. составила 66%; примерно такая же доля государственного финансирования была свойственна для США в 1960-е гг.), тем более, что уровень внутренних расходов на НИОКР у нас не достиг еще и половины уровня 1990 г.

Следует подходить к предложениям о развитии вузовского сектора сферы НИОКР с чрезвычайной осторожностью, поскольку данное направление находится на этапе становления и ожидать от него желаемых результатов раньше, чем через несколько десятилетий, не стоит (тем более, их получение в России в силу исторически сложившейся структуры науки пока крайне сомнительно).

Аналогично следует отнестись к ориентации на создание различных центров (национальных, федеральных, региональных, тематических, исследовательских, научных, объединяющих научные институты далеких друг от друга областей исследований), а также к предложениям о заимствовании системы организации науки, имеющей место в Германии (создание высших школ, что созвучно Высшей школе экономики) и т.п.

Особое внимание должно быть уделено поддержке и достойной оценке обществом достижений российских ученых, исследователей, инженеров и специалистов, а также научно-исследовательских, проектных и конструкторских организаций, в целом научно-технического потенциала страны (репутация играла большую роль уже в эпоху Возрождения, когда ученые награждались титулами, обеспечивавшими им соответствующий социальный статус).

Особое внимание следует уделить повышению внутреннего спроса на продукцию собственного производства, развитию высоких технологий, подъем материальной базы науки, созданию необходимых условий и стимулов для инженерно-технического персонала и рабочих сферы материального производства, устранению перекосов в оплате труда и одновременно повышению качества всех уровней образования.

Для оценки результативности науки, в частности, ее академического сектора нельзя использовать стандартные для рыночной экономики критерии эффективности. Основное внимание при этом должно уделяться не проблемам собственности, повышения капитализации, инвестиционной привлекательности, разгосударствления, аренды и т.п., а улучшению условий для труда ученых и специалистов, обеспечению их необходимой материально-технической базой, повышению привлекательности их труда для молодежи и т.д. Большое внимание должно уделяться и правильному формированию общественного мнения.

Для развития науки России необходимы значительные институциональные изменения во внешней среде с целью повышения спроса на отечественные инновации и лучшего финансирования государственного и частного секторов НИОКР. Россия имеет достаточно ресурсов, чтобы значительно повысить уровень инвестиций неинфляционного характера в этот сектор. Необходимы специальные законодательные акты, предусматривающие дополнительные ассигнования на науку, в том числе, путем целевого налогообложения банков и сферы услуг; отчислений с доходов сырьевых отраслей, а также ряда других отраслей на науку, создания специального фонда развития науки в России (аналог ЕФРНТ); переработка налогового кодекса с целью сохранения всех существовавших ранее и расширения новых направлений государственной поддержки науки; укрепление информационной базы науки; учет долгосрочных тенденций развития сферы НИОКР и т.д. При реформировании государственного сектора ИР необходимо учитывать исторически сложившуюся специфику организации науки в России, ведущую роль академического сектора ИР и, в первую очередь, Российской академии наук, а также значение ГНЦ. При этом следует ориентироваться, в первую очередь, на опыт не США, а европейских стран с более близкой к нам системой организации науки.

Необходима разработка долгосрочной кон-

цепции развития российской науки на период до 2030-2040 гг., а также ряда программ – таких, как «Изменение системы налогообложения в целях стимулирования инновационного развития экономики России», «Обеспечение преемственности в российской науке», «Развитие академической науки» и др.

.

Литература

1. Варшавский А.Е. Роль макроэкономической политики в определении спроса на инновации//Концепции, №1 (30), 2013
2. Варшавский А.Е. Значительное снижение неравенства доходов важнейшее условие перехода к инновационной экономике, основанной на знаниях. Экономика и матем. методы, Том 43, №4, 2007. с. 35-55
3. Варшавский А.Е. Проблемные инновации: риски для человечества. - М.: ЛЕНАНД, 2014.
4. Доклад о состоянии фундаментальных наук в Российской Федерации и о важнейших научных достижениях российских ученых в 2014 году. М.:Наука, 2015
5. Жуковский В. Система удушающих приемов Банка России. Экономические стратегии N 10/2012.
6. Самуэльсон П., Нордхаус В. Экономика. - М.: «Лаборатория базовых знаний», 2000.
7. Palley T. The Case against Budget Surpluses. Challenge. V.44, N 6, 2001, p.13-27.
8. Варшавский А.Е. Актуальные вопросы разработки научно-технологической и инновационной политики. Модернизация и экономическая безопасность России, т.4. Под ред. акад. Н.Я.Петракова. – М.; СПб.: Нестор-история, 2014. / Гл.1, с.11-52
9. Наука России в цифрах : 2012. Стат. Сб. – М.: ЦИСН, 2012
10. Никонова М.А. Моделирование численности аспирантов в регионах России. Научно-практический журнал “КОНЦЕПЦИИ”, № 2 (23), 2009
11. Комкина Т.А Анализ зависимости индикаторов качества основных ступеней образования от важнейших социально-экономических показателей / Сборник трудов XIX международной конференции «Математика. Компьютер. Образование». - Москва - Ижевск: Изд-во «Регулярная и хаотическая динамика» – 2012.
12. Комкина Т.А. Среднесрочные тенденции изменения показателей и проблемы повышения качества образования / Сборник научных тезисов XV международной конференции "Математика. Компьютер. Образование" / под ред. Г.Ю. Ризниченко и А.Б. Рубина. - Москва - Ижевск: Изд-во «Регулярная и хаотическая динамика». - 2008. – Том 1. С. 131-136.
13. Варшавский А.Е. О разработке инновационной и научно-технологической политики. Концепции, 2011, №1-2.
14. Кочеткова Е.В.
15. Комкина Т.А. Анализ структуры кадров академического сектора российской науки по направлениям научных исследований. Научно-практический журнал “КОНЦЕПЦИИ”, № 1-2 (7-8), 2001 год.
16. Варшавский А.Е., Кочеткова Е.В. Проблемы дефицита инженерно-технических кадров. Экономический анализ: теория и практика. 2015, август, вып. 22.
17. Варшавский Л.Е. Проблемы долгосрочного развития кадровой составляющей научного потенциала России. Научно-практический журнал “КОНЦЕПЦИИ”, № 2 (12), 2003
18. Варшавский Л.Е., Дубинина М.Г., Петрова И.Л.. Проблемы развития кадровой составляющей научного потенциала в России и за рубежом. Научно-практический журнал “КОНЦЕПЦИИ”, № 1 (18), 2007
19. Варшавский Л.Е. Исследование влияния качества человеческого капитала на инновационную активность / Инновационная ориентация российских экономических институтов/ Под ред. В.Е.Дементьева. М., URSS, 2009, с. 74-99.
20. Варшавский Л.Е. Численность и структура научных кадров страны: взгляд в будущее// Науковедение, 2000, №1, с. 36–48.
21. Варшавский А.Е., Винокурова Н.А., Никонова М.А Научно-педагогические кадры России: качество жизни, настроения, ожидания.“Alma Mater” (Вестник высшей школы), 2010, №6.

22. Варшавский А.Е. Проблемы развития государственного сектора науки в России. Концепции, 2014, №1 (32), с. 3-29
23. Основные проблемы оценки результативности и эффективности деятельности научных организаций. «Концепции», №1 (33) 2015, с.3-8.
24. Положение о Государственном комитете Совета Министров СССР по науке и технике. Постановлением Совета Министров СССР от 21 апреля 1987 г. № 456
25. Макаров В.Л. и Варшавский А.Е., 2004б. "К экономике, основанной на знаниях", в: Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации за 2004 год. М.: Весь Мир.
26. Варшавский А.Е., Макаров В.Л. Наука, высокотехнологичные отрасли и инновации. Экономика России. Оксфордский сборник. Книга 2.- М.: Изд-во Института Гайдара, 2015, С.815-846.
27. Makarov V.L., Varshavsky A.E Science, High tech industries and innovation. The Oxford Handbook of the Russian Economy, edited by Alexeev M., Weber S., Oxford University Press, N.Y., 2013. Chapter 21, pp. 68-89
28. The Global Economy in 2030: Trends and Strategies for Europe. Ed. Gros D., Alcidi C. Centre for European Policy Studies (CEPS), November 2013
29. Варшавский А.Е. Проблемы развития науки и инновационной сферы России./ Глава 3./ Экономические проблемы развития революционных технологий: нанотехнологии» /Руководители авт. коллектива Макаров В.Л., Варшавский А.Е.— М: Наука. — 2012, с.29-52.

Анализ и моделирование динамики ключевых показателей высокопроизводительных суперкомпьютеров *

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) РАН, доктор экономических наук Л.Е. Варшавский

Аннотация. В статье проводится экономико-статистический анализ показателей высокопроизводительных суперкомпьютеров. Рассматриваются модели анализа динамики распростра-нения высокопроизводительных суперкомпьютеров, изменения структуры вычислительных мощностей, а также факторов, влияющих на энергоэффективность. На основе построенных моделей исследуются подходы к первоначальной оценке возможностей создания суперком-пьютера экзафлопсной производительности.

Ключевые слова: суперкомпьютеры, микропроцессоры, динамика, производительность, энергоэффективность.

Annotation. Economico-statistical analysis of indicators of high-performance supercomputers is carried out. Models of diffusion of high-performance supercomputers, of dynamics of their structure and of ifluence of key factors on their performance are proposed. Approaches to initial assessment of possibility and terms of creating exaflops supercomputers with the help of built models based on analysis of current trends in energy efficiency and possible progress in microelectronics are proposed.

Key words: supercomputers, microprocessors, dynamics, productivity, energy efficiency.

* Работа подготовлена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект №15–02–00363)

Введение

В настоящее время использование высокопроизводительных вычислений (high-performance computing, HPC) является непременным условием научно-технического развития. Важным сегментом рынка высокопроизводительных вычислений является быстро развивающийся рынок суперкомпьютеров, на котором объём продаж превышает 5 млрд. долл. [1].

Высокий спрос на суперкомпьютеры во многом обусловлен стремительным увеличением их производительности. Так, если в 1997 г. был превышен рубеж производительности суперкомпьютеров в 1 терафлопс, то в 2008 г. — 1,10 петафлопс (Пфлопс). Согласно рейтингу Top 500, с 2013 г. до настоящего времени (октябрь 2015 г.) наиболее производительным в мире является китайский суперкомпьютер Tianhe-2 (MilkyWay-2), на котором достигнута скорость выполнения операций 33,9 Пфлопс.

Самые производительные суперкомпьютеры сконцентрированы в исследовательских центрах государственных структур и крупных компаний. Так, 27 из 50 суперкомпьютеров производительностью свыше 1 Петафлопс (Пфлопс), входивших в ноябре 2014 г. список 500 наиболее производительных суперкомпьютеров мира Top 500 (он публикуется 2 раза в год [2]), эксплуатировалось в исследовательских центрах (в списке Top 500 приводится ранжировка суперкомпьютеров по производительности R_{max} в соответствии с тестом Linpack, связанным с решением линейных уравнений большой размерности).

Однако суперкомпьютеры все более широко используются не только в исследовательском и академическом секторах, но и в бизнесе. Так, если в 1997 г. в Top 500, входил 161 суперкомпьютер из коммерческого сектора (industry), то в 2007 г. — уже 248. Примерно такое же число суперкомпьютеров из этого сектора было представлено и в ноябрьском списке Top 500 за 2014 г. (255 суперкомпьютеров). Драйверами активного применения суперкомпьютеров в бизнесе являются: 1. рост затрат на создание и испытание образцов (прототипов) изделий; 2. резкое снижение затрат на виртуальное моделирование и вычисления [3].

Следует отметить, что в последние 2 десятилетия «…рост производительности суперкомпь-

ютеров происходит в равной мере, как за счет повышения быстродействия физических элементов, так и за счет увеличения числа элементов в вычислительной установке; последнее связано с развитием многоуровневого параллелизма обработки» [4, с. 578]. В связи с этим, актуальными являются исследование развития как физико-технологической базы суперкомпьютеров, основу которой составляют устройства микроэлектроники, так и их архитектуры.

В настоящей работе рассматриваются основные тенденции развития микроэлектроники, являющейся главной составляющей физико-технологической базы суперкомпьютеров, проводится экономико-статистический анализ показателей высокопроизводительных суперкомпьютеров, динамики их распространения и изменения структуры, а также факторов, влияющих на их энергоэффективность. Исследуются подходы к первоначальной оценке возможностей создания суперкомпьютера экзафлопсной производительности.

Основные тенденции развития физико-технологической базы высокопроизводительных суперкомпьютеров

Последние 2 десятилетия ознаменовались ускоренным технологическим развитием микроэлектроники и средств вычислительной техники. Существенно улучшились все основные параметры, характеризующие качественные и количественные характеристики микроэлектронных схем, долговременной памяти и создаваемых на их основе вычислительных устройств.

Одним из важнейших драйверов развития микроэлектроники с момента её зарождения стало уменьшение размеров полупроводниковых схем. Чем меньше размеры и выше степень интеграции схем, тем выше их быстродействие и больше память. Уменьшение размеров до определенных пределов ведет также к снижению рассеиваемой энергии, что, в свою очередь, способствует повышению качества и надежности работы схем. Этим объясняется стремление ученых и инженеров снижать топологические размеры схем и повышать степень их интеграции до пределов, определяемых фундаментальными физическими ограничениями.

Еще в середине 1960-х гг. видным специалистом в области микроэлектроники, одним из основателей компании Intel Г. Муром (H.Moore) была высказана широко известная ныне гипотеза об увеличении в 2 раза степени интеграции интегральных схем через каждые 1,5–2 года, впоследствии ставшая драйвером последующих изменений в микроэлектронике [5]. Значительное влияние на развитие микроэлектронных схем и устройств оказала вышедшая в 1974 г. работа Р.Деннарда (R.Dennard) с сотрудниками, в которой было показано, что в чипах с полевыми транзисторами на основе КМОП – технологии (CMOS) плотность рассеиваемой энергии сохраняется постоянной при одинаковом уменьшении в k раз топологического размера, подводимого к транзистору напряжения, а также при увеличении во столько же раз внутренней частоты устройства (в этом состоит, так называемый закон Деннарда). Действие этой закономерности вплоть до начала 2000–х гг. позволяло добиваться роста производительности устройств (микропроцессоров, памяти) главным образом за счет их миниатюризации и увеличения частоты [6].

Так, за период с 1971 по 2000 гг. количество транзисторов в микропроцессорах компании Intel увеличилось почти в 19 тыс. раз, а внутренняя частота — в 30 тыс. раз! Однако уже в середине первого десятилетия XXI века, в связи с форсированием разработчиками роста производительности микросхем путём использования решений, способствовавших несбалансированному с уменьшением размеров схем росту тактовой частоты (в первую очередь это относится к создававшимся микропроцессорам), кремниевая полупроводниковая КМОП – технология стала подходить к границам своего развития. К этому времени стали остро ощущаться проблемы, связанные с повышением энергоемкости электронных приборов при уменьшении размеров и ростом капиталоемкости их производства. Здесь необходимо, в первую очередь, выделить проблемы отвода тепла, выделяемого из-за непрерывно повышающейся температуры по мере повышения плотности монтажа элементов и частоты, а также возникновения в чипах токов утечки (как из-за работы на высоких частотах, так и за счет проявления квантовых эффектов, в частности, туннельного эффекта [7]).

Эти факторы уже в середине 2000–х гг. стали сдерживать дальнейшее уменьшение напряжения, подаваемое на транзисторы, и особенно рост тактовой (внутренней) частоты. С этого времени закон Деннарда перестал действовать. Показательной является судьба микропроцессора Tejas, разработанного компанией Intel. В 2002–2004 гг. компанией анонсировался выпуск

этого процессора с внутренней частотой более 4 ГГц, которую в последующих модификациях предполагалось повысить до 10 ГГц. Интересно отметить, что в тот период Intel планировал обеспечить к 2010 г. производство процессоров с внутренней частотой 15 ГГЦ, состоящих из 1 млрд. транзисторов [8]. Однако в конце 2004 г. разработчикам компании стало ясно, что при заявленных параметрах он характеризуется весьма высоким тепловыделением (впоследствии было установлено, что имеет место степенная зависимость потребляемой процессором мощности от его тактовой частоты с показателем степени, большим 2 [9]. В итоге в 2005 г. Intel объявил об отказе от производства микропроцессора Tejas, и в 2006 г. перешел к выпуску двухъядерного процессора Cuor [10], а впоследствии — многоядерных процессоров.

Для решения проблемы повышения энергоэффективности микроэлектронных схем (преодоления того, что в англоязычной литературе именуется “power wall”) используется широкий спектр методов, начиная с совершенствования применяемых материалов, архитектуры создаваемых приборов, и, кончая использованием программных средств. Недавно осуществлен переход от производства традиционной планарной к трехмерной структуре транзисторов, достигнуты определенные успехи в разработке кремний-фотонных приборов на одном чипе, в которых проводящие металлические соединения заменяются на оптические (подробнее см. [7]).

Благодаря разработанным научно-техническим решениям, прогресс в области миниатюризации и повышения производительности микроэлектронных устройств и компонентов ЭВМ идет значительно быстрее, чем предполагалось даже в конце 1980-х - начале 1990-х годов. Так, топологический размер полупроводниковых схем уменьшился с 350 нм в 1995 г. до 65 нм в 2005 г. и в 2015 г — до 14 нм (http://www.intel.com). В конце 2011 г. компания Intel приступила к крупномасштабному производству микропроцессоров на основе трехмерных транзисторов 3-D Tri-Gate, относящихся к конструкции FinFET, с топологическим размером 22 нм (о начале разработки было объявлено в 2002 г., [11]). В этих трехмерных транзисторах производительность на 37% выше, а расход энергии на 50% меньше, чем у транзисторов с топологическим размером 32 нм, выполненных по традиционной планарной технологии. При этом увеличение производственных затрат составляет, по оценкам, всего 2-3% [12]. Ещё более эффективными по расходу энергии должны быть, по расчетам разработчиков, чипы с топологическим размером 14 нм, производство которых начато в текущем 2015 г. В 2017 г. Intel предполагает перейти на топологический размер 10 нм, а впоследствии — на 7-нм и 5-нм [13].

Вероятность перехода на эти технологические процессы в последнее время возросла, что связано с наметившимся, наконец, прогрессом в создании экономически эффективных установок экстремальной ультрафиолетовой фотолитографии (EUV). Так, нидерландская компания ASML Holding NV, являющаяся ведущим производителем установок фотолитографии, создала EUV–фотолитограф NXE:3350B system с оптической мощностью 80 Вт (для рентабельного производства чипов выходная мощность излучения должна составлять не менее 100 Вт). В феврале текущего года ведущему производителю пластин, компании TSMC, удалось довести выпуск продукции на этой установке до 1000 пластин в день, что позволило существенно приблизиться к экономически выгодному объёму производства. В результате компания ASML уже получила выгодные заказы на поставку 15 установок, и планирует в 2017 г. довести выпуск NXE:3350B до 24 установок [14].

Наряду с проблемой повышения энергоэффективности, необходимо также отметить проблему роста наукоемкости и капиталоемкости производства, которая обостряется по мере уменьшения топологического размера интегральных схем, характеризующего приближение к физическим пределам роста производительности схем. Так, в последнее время ежегодные затраты на исследования и разработки (RD) только в компании Intel составляют свыше 10 млрд. долл (т.е. около 20% от уровня доходов). Характерно, что даже в кризисные годы объём затрат на исследования и разработки в ведущих компаниях отрасли практически не уменьшается. Достаточно типичной является динамика этих затрат, приведенная на рис. 1 по данным компании Intel.

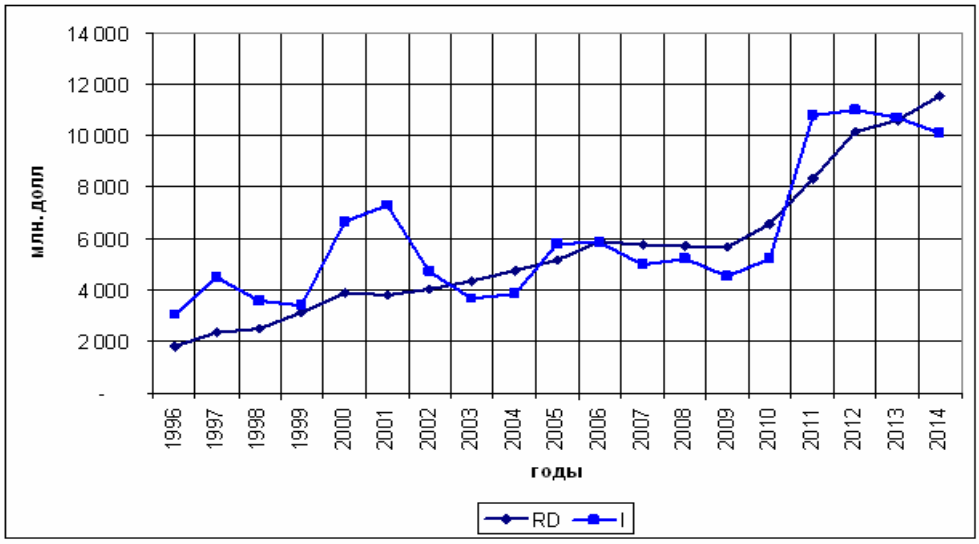


Рис. 1. Динамика затрат на исследования и разработки (RD) и капитальных вложений (I) в компании Intel (в млн. долл, в текущих ценах: составлено по данным годовых отчетов из www.intel.com).

Экономико-статистический анализ показывает, что в компании Intel динамика объёмов выполнявшихся исследований и разработок за период 2002-2014 гг. RD_t хорошо описывается следующим разностным уравнением:

$$RD_t = \underset{(0,140)}{0,939}RD_{t-1} \underset{(466,301)}{-703,388}\ \mathrm{Log}(hp_{\min t}) + \underset{(2547,951)}{3670,668}, \quad R^2 = 0.953 \qquad (1)$$

Близкие уровни, хотя и подверженные конъюнктурным изменениям, характерны и для инвестиций компании в основной капитал (капитальных вложений — I, рис.1). О значительной величине производственных инвестиций в обновление производства свидетельствуют, в частности, затраты этой компании в сооружение в штате Аризона фабрики по производству чипов с топологическим размером схем 14 нм, которые оценивались в 5 млрд. долл. [15]. В другой компании, GLOBALFOUNDRIES, специализирующейся на производстве чипов, суммарные за время существования производственные инвестиции в фабрику №1 в г. Дрездене (месячной производственной мощностью 80000 пластин диаметром 300 мм с топологическим размером схем 45 нм) составили 7 млрд. долл. Объём этих инвестиций является одним из наиболее крупных среди зарубежных инвестиций, когда-либо сделанных в Германии [16].

Анализ ключевых технико-экономических показателей оборудования для суперкомпьютеров

Динамика распространения высокопроизводительных суперкомпьютеров

Развитие физико-технологической базы существенно повлияло на архитектуру и характеристики суперкомпьютеров. Так, в 1980–1990 гг. при построении суперкомпьютеров использовалась векторно-конвейерная структура, в рамках которой разные процессоры объединялись с общей памятью. Производительность систем составляла тогда 1–10 Гигафлопс. В 1990–1995 гг. за счет применения массово-параллельных структур с распределенной памятью (MPP-MIMD), основанных на КМОП технологии, удалось выйти на уровень производительности 100 Гигафлопс и более.

С середины 1990–х гг. построение суперкомпьютеров осуществлялось «…путем объединения крупносерийных микропроцессоров широкого применения» [4]. В 1997 г. был превышен рубеж производительности суперкомпьютеров в 1 те-

рафлопс, в 2005 г. — 280 терафлопс, а в 2008 г. — 1,10 петафлопс (Пфлопс). В 2014 г. суммарная по показателю R_{max} производительность 500 суперкомпьютеров из списка Top 500 составила 308,9 Пфлопс.

Вместе с тем, необходимо отметить, что скорость освоения все более высокой производительности по показателю R_{max} суперкомпьютерами из списка Top 500 уменьшается. Так, уровень производительности в 1 терафлопс был достигнут всеми 500 суперкомпьютерами из этого списка в 2005 г., производительности в 100 терафлопс — в 2013 г. В то же время уровень производительности в 1 петафлопс в конце 2014 г. был превышен лишь на 50 суперкомпьютерах. О динамике освоения высоких уровней производительности дает представление рис. 1, на котором приведена динамика доли f_t вычислительных мощностей суперкомпьютеров производительностью более 1 терафлопс, 100 терафлопс и 1 петафлопс в суммарной вычислительной мощности 500 суперкомпьютеров (в соответствии с показателем R_{max}).

Для количественной оценки скорости распространения высоких уровней производительности суперкомпьютеров в настоящей работе использовалась логистическая зависимость, которая может быть приведена к следующему виду [17]:

$$\ln(f_t/(1-f_t))=\alpha t+\beta \text{ , (2)}$$

где α характеризует скорость распространения уровней производительности суперкомпьютеров. Сопоставление оценок α этой зависимости для разных уровней производительности Rmax свидетельствует о замедлении освоения достигаемых рекордных уровней (табл. 1; в скобках под значениями оценок здесь и далее приведены значения среднеквадратических ошибок оценок коэффициентов). Данная тенденция свидетельствует об отсутствии спроса или о неготовности широкого круга потребителей к эксплуатации высокопроизводительных компьютеров петафлопсного уровня.

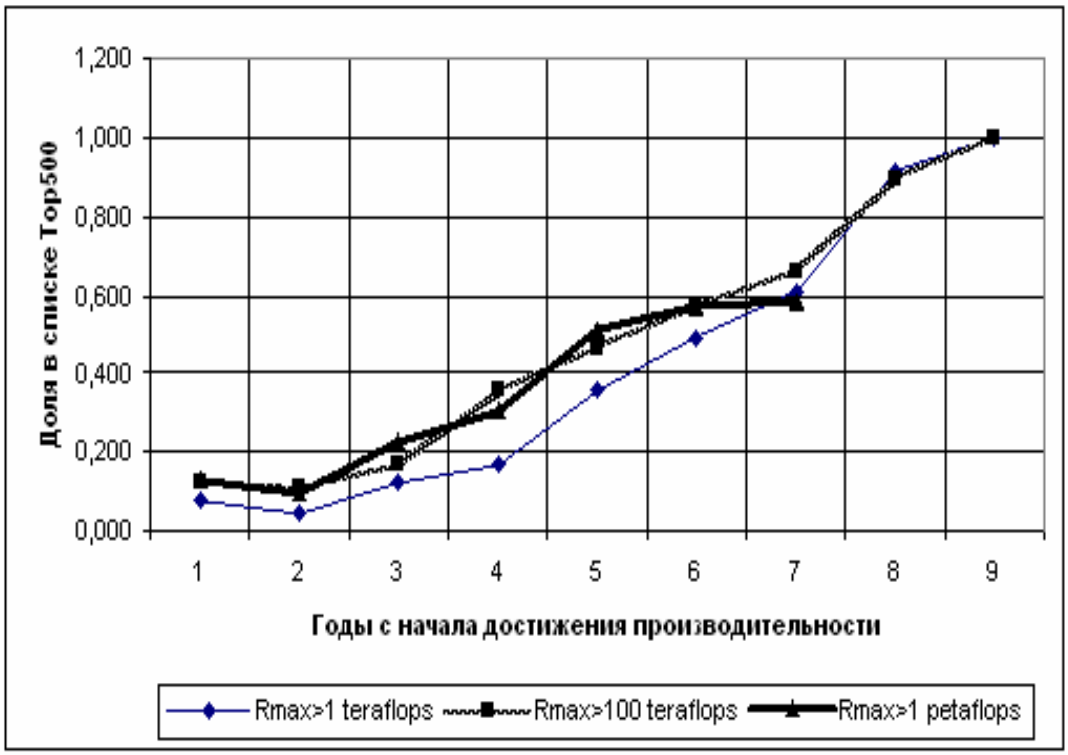


Рис. 2. Динамика освоения уровней производительности в 1 терафлопс, 100 терафлопс и 1 петафлопс суперкомпьютерами из списка Top 500.

Таблица 1. Оценки коэффициентов зависимости (1)

	α=	β=	R^2	F
Rmax>1 teraflops	0,692	-3,975	0,911	61,144
	(0,088)	(0,447)		
Rmax>100 teraflops	0,581	-3,027	0,946	104,939
	(0,057)	(0,287)		
Rmax>1 petaflops	0,464	-2,641	0,918	56,291
	(0,062)	(0,277)		

Динамика производительности суперкомпьютеров

В настоящей работе проведен экономико-статистический анализ факторов, влияющих на производительность мощных суперкомпьютеров (применительно к суперкомпьютерам петафлопсного класса R_{max} > 1 Пфлопс и производительностью свыше ста терафлопс R_{max} >100 терафлопс). В табл. 2 представлены коэффициенты корреляции производительности суперкомпьютеров и их основных технических характеристик (R_{max} > 1 Пфлопс) с 2010 по 2014 гг. Полученные данные подтверждают очевидное положительное влияние на производительность таких факторов, как электрическая мощность, количество ядер процессоров, а также ядер-ускорителей (сопроцессоров). Также обращает на себя внимание слабая корреляция показателей производительности и внутренней частоты процессоров. Такая ситуация во многом связана с различными подходами к архитектуре и составу оборудования, использованными в суперкомпьютарах, во многом обусловленными спецификой решаемых задач.

Таблица 2. Динамика коэффициентов корреляции производительности суперкомпьютеров и их основных технических характеристик (R_{max} > 1 Пфлопс)

Годы	Производительность Rmax	Электрическая мощность	Количество ядер процессоров	Количество ядер-ускорителей (сопроцессоров)	Внутренняя частота процессоров
2010	1,000	0,425	0,616	0,753	0,284
2011	1,000	0,899	0,984	-0,191	-0,482
2012	1,000	0,746	0,863	0,424	-0,348
2013	1,000	0,870	0,948	0,809	-0,255
2014	1,000	0,983	0,949	0,827	-0,188

Для совокупности суперкомпьютеров производительностью свыше R_{max} > 1 Пфлопс и R_{max} >100 терафлопс построены следующие регрессионные зависимости, связывающие темпы роста суммарных производительности и числа ядер:

$$\frac{R_{max\,t}}{R_{max\,t-1}} = a+b*\frac{PR_t}{PR_{t-1}} \quad . \qquad (3)$$

Коэффициенты этих зависимостей представлены в табл. 3. При использовании более сложных зависимостей для анализа производительности (как линейных, так и логарифмических), а также при включении других факторов были получены незначимые с позиций t–статистик коэффициентов результаты.

Таблица 3. Оценки параметров a_i ,b_i зависимостей (1)-(2), i=1,2.

Производительность совокупности суперкомпьютеров	Период оценивания	a_i	b_i	Коэффициент детерминации R^2
R_{max} > 1 Пфлопс	2008–2014	-0,318	1,292	0,990
		(0,137)	(0,064)	
R_{max} >100 терафлопс	2005–2013	-1,695	2,131	0,942
		(0.501)	(0,237)	

Динамика структуры суперкомпьютеров по их архитектуре

Наряду с анализом динамики производительности, значительный интерес представляет исследование динамики структуры суперкомпьютеров по их архитектуре. В настоящее время в списке Top 500 присутствуют суперкомпьютеры с массивно-параллельной (massively parallel processing — MPP) и кластерной (Cluster) архитектурой. Суперкомпьютеры с массивно-параллельной архитектурой MPP характеризуются в среднем более высокой производительностью, чем кластерные (до 2013 гг. они занимали 1–е место в рейтингах Top 500). Однако особенностью последнего десятилетия является уменьшение их доли в списке 500 наиболее производительных вычислительных машин. Так, доля суперкомпьютеров с архитектурой MPP в общем числе суперкомпьютеров производительностью свыше 100 терафлопс уменьшилась со 100% в 2005 г. до 53% в 2010 г. и 14% в 2014 г. Доля этих же суперкомпьютеров в суммарной производительности всех суперкомпьютеров вычислительной мощностью свыше 100 терафлопс снизилась со 100% в 2005 г. до 61% в 2010 г. и 33% в 2014 г.

В настоящей статье исследовалась динамика структуры суперкомпьютеров производительностью свыше 100 терафлопс по их архитектуре. С этой целью по данным за 2008–2014 гг. была построена следующая динамическая модель конкуренции:

$$\begin{pmatrix} \Delta LN\,(R^{MPP}_{max\,t}) \\ \Delta LN\,(R^{Cluster}_{max\,t}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \phi_1 & \theta_1 \\ \phi_2 & \theta_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} LN\,(R^{MPP}_{max\,t-1}) \\ LN\,(R^{Cluster}_{max\,t-1}) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где $LN\,(R^{MPP}_{max\,t})$, $LN\,(R^{Cluster}_{max\,t})$ — логарифмы суммарной производительности совокупности суперкомпьютеров с архитектурой MPP и Cluster, Δ — знак приращения во времени, ϕ_i , θ_i, d_i — постоянные коэффициенты.

Таблица 4. Оценки параметров ϕ_i , θ_i, d_i модели (4), i=1,2.

Совокупность суперкомпьютеров с архитектурой	ϕ_i	θ_i	d_i	Коэффициент детерминации R^2
MPP	-1,152	0,671	8,799	0,677
	(0,720)	(0,522)	(3,652)	
Cluster	-0,294		5,807	0,626
	(0,102)		(1,676)	

Система (3) имеет устойчивое положение равновесия, характеризуемое координатами: $R^{Cluster}_{max\,t}$ = 369,2 Пфлопс и $R^{Cluster}_{max\,t}$ = 1041,3 Пфлопс. Положению равновесия соответствуют доли архитектур MPP и Cluster в совокупной производительности, равные соответственно 26% и 74%. В 2014 г. эти доли составляли 33% и 67%. Расчеты на основе модели (4) показывают, что при сохранении существующих тенденций, в 2020 г. доля мощных суперкомпьютеров архитектуры MPP уменьшится до 28%, а архитектуры Cluster— увеличится до 72% (рис. 3). При этом суммарная производительность совокупности из 500 наиболее производительных суперкомпьютеров составит около 1,0 экзафлопс (993,1 Пфлопс).

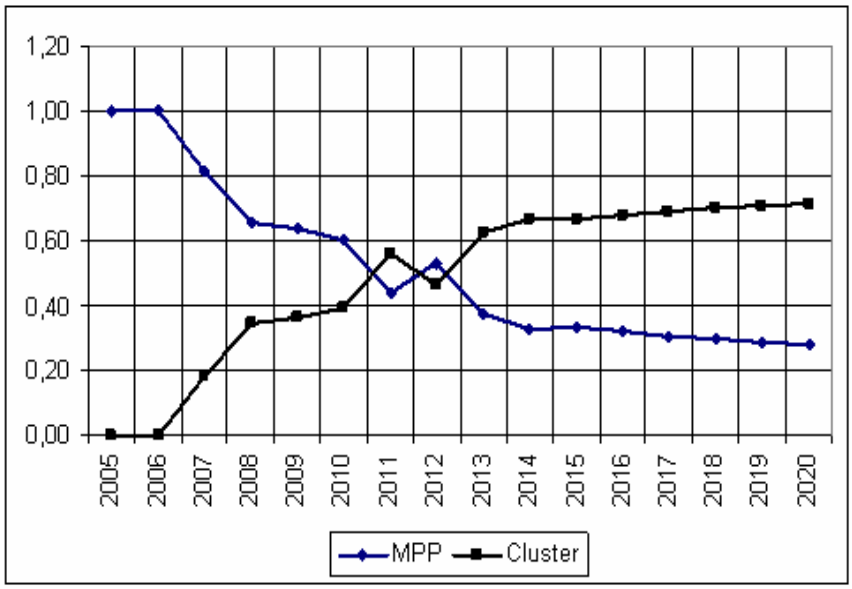


Рис. 3. Доля суперкомпьютеров с архитектурой MPP и Cluster в суммарной производительности всех суперкомпьютеров вычислительной мощностью свыше 100 терафлопс.

Динамика показателей энергоэффективности суперкомпьютеров

Происходящее повышение производительности суперкомпьютеров сопровождается ростом их электрической мощности. Так, суммарная электрическая мощность, потребляемая всеми суперкомпьютерами из списка Top 500 устойчиво возрастала со 161 МВт в 2007 г. до 592 МВт в 2014 г. (по данным ноябрьских выпусков Green 500) [18].

В частности, согласно рейтингу Top 500, проведенному в ноябре 2014 г., наиболее производительный в мире в 2013–2014 гг. китайский суперкомпьютер Tianhe-2 (MilkyWay-2) 33,9 Пфлопс, потребляет около 18 МВт эл. мощности. Второй по производительности суперкомпьютер Titan с быстродействием 17,59 Пфлопс имеет электрическую мощность 8,2 МВт, а необходимая электрическая мощность для третьего по производительности суперкомпьютера Sequoia — система IBM BlueGene/Q, установленного в Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса, США, имеющего быстродействие 17,17 Пфлопс, также составляет немалую величину — 7,9 МВт. [18,19].

Следует также отметить, что из-за высокой плотности размещения вычислительных мощностей в ограниченном пространстве, проблема отвода тепла в суперкомпьютерах стоит более остро, чем в центрах обработки данных (ЦОД). В настоящее время, по мнению специалистов, наилучшие характеристики, как и для ЦОД, имеет технология водяного охлаждения, которая позволяет снизить показатель PUE [i] с 1,5–2 до 1,05-1,06 ([20], [21]).

В связи с высокой энергоемкостью суперкомпьютеров, начиная с 2007 г. регулярно публикуются списки Green 500, в которых проводится ранжировка наиболее производительных суперкомпьютеров по величине соотношения между их производительностью R_{max} и используемой электрической мощностью. В соответствии с ноябрьским за 2014 г. списком Green 500, максимальная удельная производительность суперкомпьютеров составляла 5272 Мегафлопс/Вт. В то же время, как показывает анализ приведенных в этом списке данных, у 55% суперкомпьютеров из 500 самых мощных, показатель энергоэффективности составляет менее 10% от максимального уровня. Следует отметить, что по уровню энергоэффективности и отечественные суперкомпьютеры долгие годы почти на порядок уступали лучшим зарубежным образцам, хотя в последнее время ситуация улучшается (в 2014 г. у нас достигнут уровень 2401 Мегафлопс/Вт, что соответствует 21 месту в списке Green 500) [18].

В связи с высокой энергоемкостью современных суперкомпьютеров, представляет интерес экономико-статистический анализ факторов, влияющих на их удельную производительность (т.е. производительность в расчете на 1Вт электрической мощности). В настоящей работе такой

[i] PUE (англ. power usage effectiveness) – отношение полной подведенной мощности к реально затраченной на работу вычислительных систем)

анализ проведен в статике (применительно к суперкомпьютерам петафлопсной производительности R_{max} > 1 Пфлопс) и в динамике (применительно к наиболее производительным в 2005-2014 гг. суперкомпьютерам).

Таблица 5. Динамика коэффициентов корреляции удельной производительности суперкомпьютеров (Мегафлопс/Вт) и их основных технических характеристик (R_{max} > 1 Пфлопс)

	Удельная производительность Мфлорс/Вт	Число ядер на 1 Вт	Доля ядер-ускорителей (сопроцессоров) в общем количестве ядер	Внутренняя частота процессоров
2010	1,000	0,660	0,279	0,589
2011	1,000	0,771	0,498	0,050
2012	1,000	0,906	-0,202	-0,744
2013	1,000	0,720	0,376	-0,449
2014	1,000	0,648	0,309	-0,402

Так, в табл. 5 представлены коэффициенты корреляции удельной производительности суперкомпьютеров и их основных технических характеристик (R_{max} > 1 Пфлопс) с 2010 по 2014 гг. Полученные данные показывают, что влияние на удельную производительность исследовавшихся факторов является существенно менее значимым, чем на производительность, и неоднонаправленным (табл. 5, ср. с табл. 2).

Вместе с тем, из физических соображений ясно, что в целом определяющее влияние на производительность и электрическую мощность суперкомпьютеров должны оказывать количество ядер и тактовая частота процессоров, а также топологический размер схем. Так, на основе выборки, составленной из наиболее энергоэффективных в 2014 г. суперкомпьютеров из каждого семейства систем с производительностью R_{max} > 1 Пфлопс (Bull Bullx, Cray CS-Storm, Cray XC, Cray XE, Cray XK, Dawning Cluster, Dell PowerEdge Cluster, Fujitsu Cluster, HP Cluster Platform 3000SL, IBM BlueGene, IBM iDataPlex и др.), была получена следующая регрессионная зависимость между удельной производительностью $\frac{R_{max}}{W_e}$ в Мфлорс/Вт и число ядер на 1 Вт $\frac{PR}{W_e}$:

$$\underset{(0,165)\ \ (0,663)}{\text{Ln}\left(\frac{R_{max}}{W_e}\right)= 3,696 + 0,832*\text{Ln}\left(\frac{PR}{W_e}\right)},\qquad R^2 = 0,601 \tag{5}$$

(включение большего числа факторов в эту и приводимые ниже регрессионные зависимости приводит к незначимым с позиций t–статистик дополнительным коэффициентам).

Кроме того, для всей выборки суперкомпьютеров петафлопсного класса (R_{max} > 1 Пфлопс) в 2013 и 2014 гг. получены следующие регрессионные зависимости между удельной энергоёмкостью 1 ядра процессора $\frac{W_e}{PR}$ в Вт/ядро и тактовой частотой FR в МГц:

$$\text{2013 г.:}\quad \underset{(2,744)\ \ (0,354)}{\text{Ln}\left(\frac{W_e}{PR}\right)= -22,852 + 2,404*\text{Ln}(FR)},\qquad R^2 = 0,613; \tag{6a}$$

$$\text{2014 г.:}\quad \underset{(3,425)\ \ (0,441)}{\text{Ln}\left(\frac{W_e}{PR}\right)= -25,430 + 2,751*\text{Ln}(FR)},\qquad R^2 = 0,448. \tag{6b}$$

Как следует из (6a), (6b), значения коэффициентов полученных зависимостей при логарифмах составляют 2,404 и 2,751, что согласуется с данными о том, что потребляемая процессорами электрическая мощность зависит от тактовой частоты в степени 2–2,5 [9]. Именно в связи с этим, в последнее десятилетие одним из важных направлений повышения энергоэффективности суперкомпьютеров стало увеличение не тактовой частоты, а числа процессоров и ядер.

В то же время проведенный нами ранее статистический анализ *динамических рядов* показывает, что для выборки из показателей наиболее производительных суперкомпьютеров с процессорами на основе схем разного топологического размера за 2005-2012 гг., показатель R_{maxt} в млрд. Мфлопс связан следующей функциональной зависимостью с числом ядер процессоров PR_t и топологическим размером чипов hp_t в нм [7]:

$$\mathrm{Ln}\, R_{max\,t} = 10{,}940+0{,}852*\mathrm{Ln}\,(PR_t/hp_t^2), \quad (7a)$$

а необходимая для работы суперкомпьютера электрическая мощность $W_{e\,t}$ (в кВт) оказывается связанной с отношением PR_t/hp_t зависимостью:

$$\mathrm{Ln}\, W_{e\,t} = 4{,}476+0{,}443*\mathrm{Ln}\,(PR_t/hp_t). \quad (7b)$$

Из последних зависимостей следует, в частности, что рост удельной производительности $\frac{R_{max}}{W_e}$ наиболее производительных суперкомпьютеров был во многом связан с увеличением числа ядер процессоров и уменьшением топологического размера микросхем.

Проблема создания суперкомпьютера экзафлопсной производительности

Бурный рост производительности суперкомпьютеров стимулировал возрастание спроса на высокопроизводительные вычисления HPC со стороны исследовательского сектора, государственных структур и бизнеса. В связи с этим, перед специалистами ряда высокоразвитых стран, в частности, в США, Японии и Китае, поставлена проблема создания суперкомпьютеров экзафлопсной производительности (т.е. производительностью более 10^{18} флопс в секунду). При этом необходимо иметь в виду, что в настоящее время не существуют принципиальных технических ограничений для создания суперкомпьютеров такого класса на основе существующего оборудования [22]. Однако при достигнутом к настоящему времени уровне энергоэффективности для устройств петафлопсного класса (3186 Мегафлопс/Вт, или 3,186 Гигафлопс/Вт для суперкомпьютера Piz Daint с производительностью R_{max}=5,587 Пфлопс), необходимая электрическая мощность экзафлопсного суперкомпьютера составила бы более 300 МВт. С учетом систем охлаждения, при значении PUE, равном 2, для работы такого суперкомпьютера потребовалось бы свыше 600 МВт электрической мощности, что равно мощности крупного энергоблока тепловой или атомной электростанции. Этой мощности достаточно для обеспечения электроэнергией крупного города с населением несколько сот тысяч человек. При полной загрузке его годовые расходы на электроэнергию составили бы 600 млн. долл (в условиях США).

Поэтому, например, в США, перед разработчиками ставится задача создания экзафлопсного суперкомпьютера электрической мощности порядка 20 МВт. Так, с целью ограничения роста масштабов энергопотребления, а также повышения его эффективности, агентством DARPA Министерства обороны США была в 2010 г. разработана программа «Вездесущие высокоэффективные вычисления» (Ubiquitous High Performance Computing – UHPC). В рамках этой программы ставилась задача обеспечить размещение в одном кабинете компьютерные мощности в 1 Пфлопс с энергоэффективностью 50 Гигафлопс/Вт (это почти в 16 раз больше текущего уровня). Предполагалось, что первый образец системы UHPC будет создан в 2018 г. [23].

Рассмотрим, насколько реальна такая задача. Расчеты с использованием полученных зависимостей (7a), (7b) показывают, что при сохранении существующей тенденции увеличения производительности за счет использования большего числа ядер процессоров и уменьшения топологического размера схем до 10 нм, 7 нм и 5 нм, мощность суперкомпьютера экзафлопной производительности может составить не 300 МВт, а соответственно 40 МВт, 33 МВт и 29 МВт.

Вместе с тем, построенные зависимости не дают ответа на вопрос, когда может быть создан экзафлопсный суперкомпьютер с энергоэффективностью 50 Гигафлопс/Вт. Приближенную первоначальную оценку можно получить на основе исследования и экстраполяции сложившихся тенденций. С этой целью в настоящей работе на основе временных рядов за 2005-2014 гг. построено распределенное запаздывание, связывающее ежегодные приращения логарифмов топологического размера схем $\Delta\log(hp_t)$ и макси-

мальной производительности суперкомпьютеров $\Delta\log(R_{max1t})$ из списка Top500, которое может быть представлено следующим образом в операторном виде:

$$\Delta\log(R_{max1t}) = -\frac{2{,}125z + 2{,}832}{z^2 - 0{,}902z + 0{,}629}\Delta\log(hp_t) + 0{,}153; \quad , \quad (8)$$

где z — оператор сдвига, т.е. $zy_t = y_{t+1}$. О степени согласованности построенной на основе (8) зависимости с фактическими данными $\Delta\log(R_{max1t})$ свидетельствует рис. 4 и приемлемое значение коэффициента вариации (v=0,279).

На основе (8) построен экстраполяционный прогноз максимальной производительности суперкомпьютеров R_{max1t} на период до 2025 г., при условии, что топологический размер схем будет уменьшаться каждые 2 года с масштабным фактором 0,7 (т.е. 10 нм в 2017 г., 7 нм в 2019 г. и т.д.; см. рис. 5). Тогда при сохранении действующих тенденций производительность в 1 экзафлопс может быть превышена уже в 2019 г.

Однако при сохранении сохраняющихся тенденций не сможет быть обеспечена энергоэффективность в 50 Гигафлопс/Вт. Действительно, если она увеличится, как и в 2008–2014 гг. для наиболее энергоэффективных суперкомпьютеров петафлопсного класса (R_{max} > 1 Пфлопс) в 7,2 раза, то её величина составит 3,186*7,2= 22,812 Гигафлопс/Вт, что вдвое меньше той, на которую ориентируются в настоящее время разработчики. При этом электрическая мощность устройства составит почти 44 МВт.

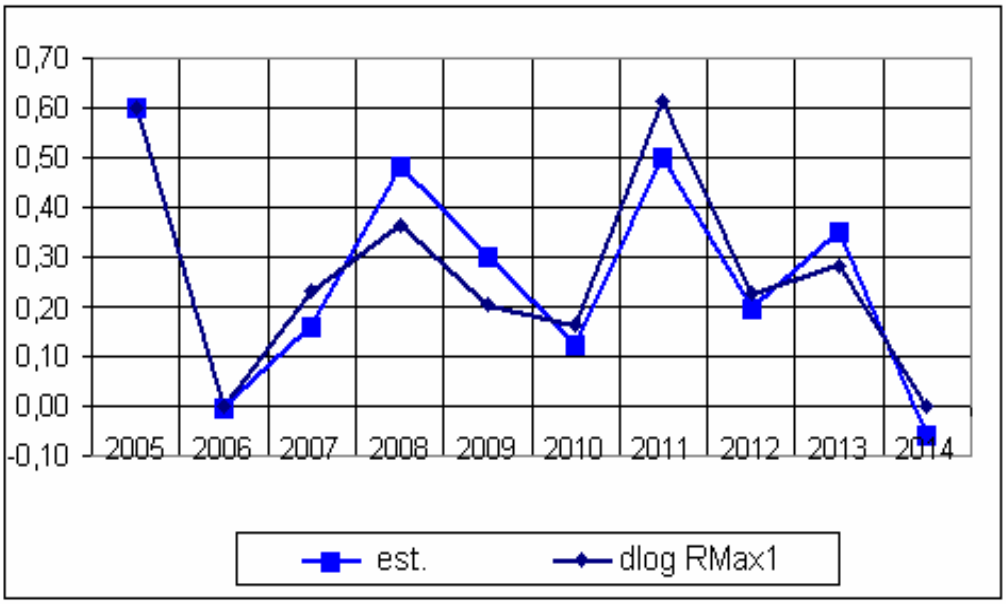


Рис. 4. Фактическая ($\Delta\log(R_{max1t})$ и расчетная (est) в соответствии с (8) динамика ежегодного приращения логарифма максимальной производительности суперкомпьютеров из списка Top500.

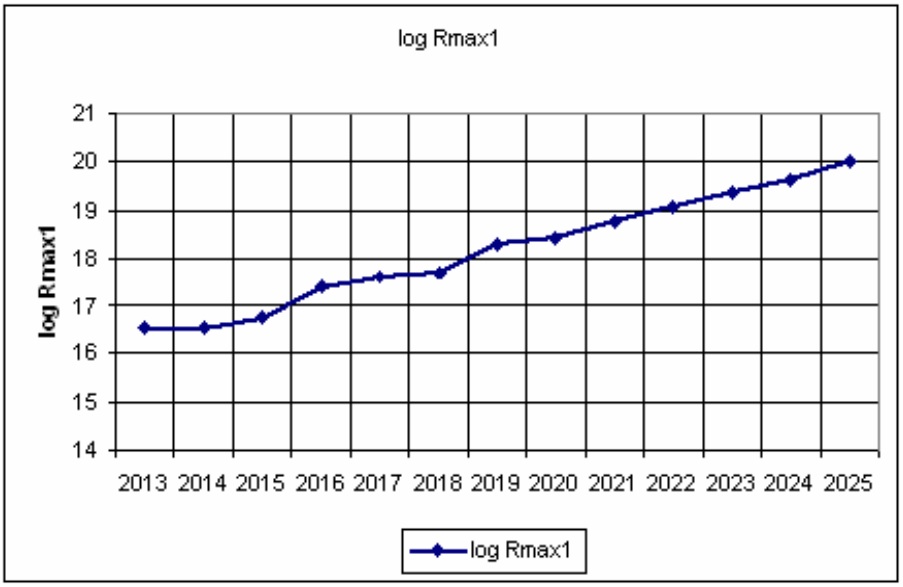


Рис. 5. Прогноз максимальной производительности суперкомпьютеров R_{max1t} на основе (8).

Следует, однако, отметить, что в рамках статистического анализа не удается в полной мере отразить такие способы снижения энергоемкости будущего суперкомпьютера, которые связаны, в частности, с начавшимся недавно широким использованием сопроцессоров-ускорителей (малая длина временного ряда этого показателя не позволяет его использовать в статистической модели), а также с повышением производительности межсоединений. Так, в настоящее время одним из эффективных направлений увеличения производительности и снижения энергоемкости (повышения энергоэффективности) суперкомпьютеров является использование сопроцессоров (ускорителей) на основе высокопроизводительных графических процессоров — GPU (главным образом, GPU NVIDIA), а также сопроцессоров Intel Xeon Phi и ряда других производителей.

В целом полученные оценки, по-видимому, свидетельствуют о реальности создания суперкомпьютера производительностью 1 экзафлопс и электрической мощностью 20–40 МВт при переходе на производство схем с малыми топологическими размерами. Возможные сроки такого перехода, сопряженного с высокими затратами, зависят, в частности, от прогресса в создании: экономически эффективных установок экстремальной ультрафиолетовой фотолитографии (EUV); быстродействующих памяти и межсоединений; нового поколения массивно-параллельных систем; программного обеспечения, в частности, программных средств обнаружения и устранения ошибок, которые могут возникнуть ввиду повышения риска более частых неполадок из-за резкого увеличения (до миллиардов) числа компонентов в вычислительных системах (ensuring correctness in the face of faults; resilience at scale) и др. [24]. Одно из перспективных направлений ускорения перехода к энергоэффективным суперкомпьютерам состоит в создании мультиархитектурных вычислительных систем, в которых «…объединяются наборы процессоров для прикладных программ с различными формами параллелизма и набором функционально специализированных процессоров» [9].

Важно подчеркнуть, что в конечном счете перспективы развития суперкомпьютеров связаны с успешным решением проблемы как финансирования, так и снижения стоимости. Роль показателя стоимости особенно высока ввиду как дороговизны высокопроизводительных суперкомпьютеров, так и относительно малой продолжительности их жизненного цикла по сравнению с другими высокотехнологичными объектами сопоставимой стоимости. Так, из 7 эксплуатировавшихся в 2010 г. высокопроизводительных суперкомпьютеров (R_{max} > 1 Пфлопс), к 2014 г. в списках Top 500 и Green 500 осталось всего 4. Наглядным примером может служить судьба суперкомпьютера Roadrunner в Лос-Аламосской национальной лаборатории, который первым превзошел петафлопсный рубеж производительности в 2008 г. Эксплуатация этого суперкомпьютера стоимостью 121 млн. долл. была прекращена в конце марта 2013 г., т.е. менее, чем через 5 лет после ввода в строй. [25].

Стоимость введенных в эксплуатацию несколько годами позже, а также разрабатывае-

мых высокопроизводительных машин на порядок выше, чем у Roadrunner. Так, по некоторым данным стоимость первого в списке Top 500 в ноябре 2011 г. японского суперкомпьютера K Computer превысила миллиард долларов [22]. Желаемый объем финансирования суперкомпьютера нового поколения экзафлопсной производительности, который намечалось создать к 2020 г. в Японии, также составлял порядка 1 млрд. долл. (11 млрд. иен) [26]. По мнению специалистов, в связи с нерешенностью многих проблем и требуемыми огромными затратами, суперкомпьютеры экзафлопсной производительности будут созданы на 3–5 лет позже, чем предполагалось ранее в ряде программ (т.е. вместо 2020 г., — в 2023–2025 гг.) [27].

Заключение

Дальнейшее развитие физико-технологической базы, основанной на традиционной кремниевой полупроводниковой технологии, требует разработки комплекса принципиально новых подходов, направленных на повышение энергоэффективности суперкомпьютеров.

Разработанные в статье модели позволяют провести анализ динамики распространения высокопроизводительных суперкомпьютеров, их производительности, изменения структуры, а также факторов, влияющих на энергоэффективность. Они могут быть также использованы при первоначальной оценке перспектив достижимости устанавливаемых на будущее уровней производительности и эффективности суперкомпьютеров.

Полученные оценки, по-видимому, свидетельствуют о реальности создания суперкомпьютера производительностью 1 экзафлопс и электрической мощностью 20–40 МВт при переходе на производство схем с малыми топологическими размерами в ближайшие 8–10 лет.

Литература

1.http://www.tadviser.ru/index.php
2. http://www.top500.org
3. Turek D. The Age of the Supercomputer. http://www.businessweek.com/stories/2007-05-07/the-age-of-the-supercomputerbusinessweek-business-news-stock-market-and-financial-advice
4. Левин В.К. Высокопроизводительные вычислительные системы—суперкомпьютеры в России// Базовые лекции по электронике. Том II. Твердотельная электроника/Под общ. ред. В.М.Пролейко. М.: Техносфера.— 2009, с.576–594.
5. Gordon Moore. Progress in Digital Integrated Electronics.
http://download.intel.com/museum/Moores_Law/Articles-Press_Releases/Gordon_Moore_1975_Speech.pdf
6. R. H. Dennard, F. H. Gaensslen, H-N, Yu, V.I. Rideout, E. Bassous, and A. R. LeBlanc, “Design of ion-implanted MOSFET’s with very small physical dimensions// IEEE Journal of Solid-State Circuits, 1974, SC-9. pp.256–268.
7. Варшавский Л.Е. Проблемы повышения энергоэффективности аппаратных средств в области информационных технологий//Труды ИСА РАН, т. 63, вып. 3, 2013, с. 3-19.
8. Варшавский Л.Е. Исследование динамики показателей рынков наукоемкой продукции (на примере рынков компонентов персональных компьютеров) //Экономика и математические методы, 2004, т. 40, № 1, с. 101-116.
9. Митропольский Ю.И. Элементная база и архитектура будущих суперкомпьютеров//Микроэлектроника/ 2015.—Том44.—№3, с. 163–179.
10. http://pe4.info/1-7.php
11. Щука А.А. Наноэлектроника. – М.: Физматкнига, 2007.
12. http://newsroom.intel.com/community/intel_newsroom/blog/2011/05/04/intel-reinvents-transistors-using-new-3-d-structure.
13. http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2012/05/15/489441.
14. Clarke P. Intel Orders 15 EUV Lithography Systems. http://electronics360.globalspec.com/article/5264/intel-orders-15-euv-lithography-systems.
15. http://www.nanowerk.com/news/newsid=20205.php

16. http://www.globalfoundries.com/manufacturing/manufacturing-overview
17. Сахал Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки. М: Финансы и статистика 1985.
18. http://www.green500.org/lists.php.
19. http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2012/06/27/494386
20. Левшин И. Из жизни алгоритмов. HPC Superstar. Суперкомпьютеры, № 13, 2013, с. 10–12.
21. http://efytimes.com/e1/99599/Eurotech-Supercomputer-At-CINECA-Breaks-World-Record-For-Energy-Efficiency.
22. Левшин И. Из жизни звезд. Суперкомпьютеры, № 13, 2013, с. 6–9.
23. Feldman M. DARPA Sets Ubiquitous HPC Program in Motion. http://www.hpcwire.com/hpcwire/2010-08-10/darpa_sets_ubiquitous_hpc_program_in_motion.html
24. Reed D. and Dongarra J. Exascale Computing and Big Data//Communications of the ACM, 2015, v. 58, No 7, pp. 56–68.
25. http://www.bbc.co.uk/news/technology-21993132
26 . http://efytimes.com/e1/fullnewsp.asp?edid=105870
27. http://fcw.com/articles/2013/07/17/exoflop-supercomputing.aspx

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: РОБОТОТЕХНИКА

Использование роботов в строительстве

Научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) РАН,
М.Г. Дубинина

Аннотация. В статье рассматривается современное состояние строительства и необходимость использования робототехники в нем, анализируются уже существующие и перспективные виды строительных роботов, приводятся примеры новейших разработок (экзоскелеты для строителей, строительные роботизированные шлемы), оцениваются возможности и перспективы применения новейших технологий при возведении зданий и при инспекции гражданской инфраструктуры.

Ключевые слова: робототехника, строительство, демонтажные роботы, роботы-укладчики кирпичей, 3D принтеры.

Annotation. In the paper are considered the current state of the construction and the need for the use of robotics in it, analyzed existing and future types of construction robots, given the examples of the latest developments (exoskeletons for builders, smart helmets), evaluated the opportunities and future trends in application of advanced technologies in the construction of buildings and inspection of civil infrastructure.

Key words: robotics, construction, demolition robots, robotic bricklayer, the 3D printer.

Введение

Численность занятых в строительной отрасли во всем мире составляет около 7% от общей численности занятых [1]. Исследователи компании MarketResearchReport [2] оценивают объем продаж мировой строительной отрасли в 7,4 трлн. долл. в 2010 г. и прогнозируют его рост до 10,3 трлн. долл. в 2020 г. (в постоянных ценах 2010 г.).

В последние 40 лет производительность труда в строительстве снижалась, при этом в 70-х – начале 80-х гг. это снижение составляло 1,5% ежегодно, что объясняется ростом среднего возраста рабочих, снижением уровня квалификации рабочей силы и ростом миграции (особенно среди молодых работников) [3].

По данным ЕС, производительность труда в строительстве по 28 странам-членам Евросоюза в 2011-2012 гг. составляла менее 72% производительности труда в промышленности [4]. В США производительность труда в промышленности более чем в 1,5 раза опережала показатели строительной отрасли.

Отрасль характеризуется большим потреблением сырья и энергии в процессах строительства и производства строительных изделий. Снижение производительности труда в строительстве и отставание отрасли от средних показателей для экономики стимулировали исследования для изменения сложившихся тенденций. Главный упор был сделан на роботизацию и автоматизацию строительных процессов, так как наблюдается общая тенденция снижения численности и квалификации инженерно-технических кадров (см., например, [5,6]), качества среднего образования [7]. Нехватка строительных рабочих приводит к задержке сроков строительства и сдачи готовых зданий. В то же время повышается риск травматизма. Робототехнические системы могут обеспечить дополнительную безопасность, а также более высокий уровень эффективности и стабильное качество выполняемых работ.

Строительные роботы предназначены для увеличения скорости и повышения точности строительных работ. Они имеют свои особенности по сравнению с промышленными роботами. В промышленном производстве используют, как правило, стационарных роботов для работы на конвейере, где легче добиться автоматизации производства, потому что каждый продукт идентичен и требует выполнения одинаковых задач.

К строительным роботам предъявляются гораздо более широкие и сложные требования по сравнению с промышленными. Они должны перемещаться по стройке, быть снабжены двигате-

лями или аккумуляторами для перемещений и работы. Строительные роботы также сталкиваются с изменяющимися условиями площадок и должны быть перепрограммированы для каждой новой ситуации. Они должны быть в состоянии функционировать в неблагоприятных погодных условиях, включая изменения влажности и температуры. Кроме того, они постоянно подвергаются воздействию пыли и грязи. Все эти факторы объясняют повышенные требования к функциональным возможностям строительных роботов и сложность их разработки.

По данным IFR в 2003 г. на долю строительных роботов приходилось почти 8% мирового рынка профессиональных сервисных роботов, однако в парке профессиональных сервисных роботов доля строительных сократилась с 20,2% в 2002 г. до 10% в 2006 г., а их доля в ежегодных отгрузках снизилась с 9,8% в 2003 г. до 3,1% в 2013 г. [8]. Тем не менее, в настоящее время развитию строительных роботов уделяется особое внимание.

Классификация строительных роботов

Строительные роботы разделяются на две основные группы: роботы для возведения зданий и роботы для гражданской инфраструктуры. Типичными областями применения роботов для гражданской инфраструктуры являются автоматизация дорог, тоннелей, мостового строительства; земляных работ и т.д. В строительстве зданий главными областями применения являются возведение каркаса зданий, монтаж, уплотнение бетона, процессы отделки интерьера и т.д.

Существуют и другие виды классификаций, например, по характеру выполняемых роботами задач. В каталоге International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC) выделены следующие группы строительных роботов [9]: демонтажные роботы, роботы для геодезических работ, роботы-экскаваторы и машины для земляных работ, роботы для дорожных работ, роботы для прокладки туннелей, автоматизированные бетономешалки, роботы для выравнивания бетона, краны и автономные грузовики, роботы для сварки и укладки металлоконструкций, огнезащитные и покрасочные роботы, роботы для инспекции и технического обслуживания сооружений, интегрированные робототехнические системы.

Демонтажные роботы

Одними из первых полностью реализованных роботов в строительстве были демонтажные роботы, которые используются для сноса старых конструкций. Коммерческих дистанционно управляемых роботов для сноса производят крупные фирмы, такие как Brokk и Husqvarna. Эти роботы способны разрушить стены, бетон и разрезать арматуру. В настоящее время компания Brokk, например, выпускает 12 различных моделей таких роботов, начиная с самого маленького Brokk 60 высотой до 1 м и массой 500 кг, и заканчивая Brokk 800 высотой более 2,6 м и массой 11,3 т. Эти машины выглядят как мини-экскаваторы, но без кабин. Они могут быть снабжены дробилками, сверлами или ковшами. Некоторые модели достаточно малы, чтобы поместиться в пассажирских лифтах или пройти через стандартные дверные проемы. Операторы контролируют действия роботов дистанционно с помощью джойстиков. Цена самых маленьких демонтажных роботов составляет более 100 тыс. долл. и возрастает с увеличением размеров роботов. Их стоимость оправдывается значительным увеличением эффективности и производительности работ, особенно для ограниченных пространств.

В настоящее время на рынок готовы выйти новые классы инновационных роботов для сноса. Они способны сканировать окружающую среду, спланировать и аккуратно разрушить здание без существенного вмешательства человека. Одна из таких систем разработана в Швеции. Модель роботизированной системы сноса с высокой энергетической эффективностью называется ERO Concrete Recycling Robot. Она способна автоматизировать снос зданий и утилизировать отходы.

Роботы-укладчики кирпичей и цемента

В соответствии с прогнозом Федерального бюро статистики труда США (BLS), занятость каменщиков в стране вырастет на 34% с 2012 по 2022 гг. (значительно быстрее, чем в среднем по всем профессиям). Всего в США в 2012 г. по этой специальности трудились 85,1 тыс. человек [10]. Работа каменщиков является достаточно травмоопасной, поэтому использование роботизированных систем способно облегчить труд рабочих и снизить риск получения травм. Созданием таких систем занимается целый ряд фирм.

Коммерчески доступного робота-каменщика SAM разрабатывает компания Construction Robotics (США). Этот робот может уложить до 1500 кирпичей в день, что сопоставимо с работой трех человек без перерыва. Он предназначен для оказания помощи в повторяющихся и тяжелых работах по подъему и размещению каждого кирпича. Человек-каменщик будет продолжать отвечать за конечное качество построенной стены, но применение робота будет способствовать повышению эффективности производства. При этом обеспечиваются следующие преимущества [11]: экономия рабочих мест более чем на 30%, снижение физической нагрузки на каменщика и бригаду, снижение вредных воздействий на здоровье и обеспечение безопасности рабочей силы, последовательное повышение производительности труда.

В 2015 г. робот-каменщик SAM100 производства компании Construction Robotics, который может укладывать до 3 тыс. кирпичей в день, получил приз World of Concrete's 2015 Most Innovative Product Award, ежегодной премии в бетонной промышленности.

Еще одна система, которая в настоящее время проходит тестирование на возможность автономного строительства, использует технологию Contour Crafting [12]. Технология, разработанная в университете Южной Калифорнии, представляет собой гигантский 3D-принтер. Сначала укладываются рельсы по периметру будущего здания, на которые устанавливают робота-укладчика, похожего на козловой кран, применяемый в строительстве. По заложенной программе в течение суток робот возводит полые стены здания, которые затем наполняет бетоном. По оценке разработчиков строительство с использованием этой системы может сократить расходы на 80% за счет устранения отходов.

Компания Fastbrick Robotics (Австралия) около 10 лет занимается разработкой робота-укладчика кирпичей, который может сортировать их в условиях невидимости. Робот Hadrian может работать непрерывно при условии обеспечения материалами, укладывая 1000 кирпичей в час по чертежам САПР. Робот снабжен системой лазерного наведения, может работать от электрогенератора или любого другого источника на стройплощадке. Использование роботизированной системы значительно сокращает расходы на строительство и позволяет возводить каркас нового дома за 2-3 дня. Вся система мобильна и может использоваться в любом месте. Стоимость разработки составляет 7 млн. долл. Компания стремится коммерциализировать запатентованную технологию робота-укладчика, способного возвести дом по спроектированной компьютером структуре, от начала до конца. Система ообеспечивает автоматическую загрузку, резку, фрезерование и размещение всех кирпичей [13]. Компания Fastbrick Robotics получила грант австралийского федерального правительства наряду с группой австралийских компаний, специализирующихся в производстве кирпича и цемента.

Перечисленные технологии еще далеки от производства готовых домов. Они способны возводить стены, но проложить инфраструктуру в здании по-прежнему требует квалифицированной работы человека. Вполне вероятно, что в будущем строительные роботы смогут выполнять все виды работ.

Лаборатория Future Cities Laboratory в Singapore-ETH Centre в сотрудничестве с компанией ROB Technologies AG разрабатывает робота – укладчика плитки. Прототип роботизированной машины был испытан Советом содействия развитию жилищного строительства в Сингапуре в государственном жилищном строительном проекте. Предполагается, что коммерческая версия робота позволит в 4 раза увеличить производительность труда. Ее пуск планировался на конец 2015 г. [14].

Роботы-помощники на стройке

Развитие роботизации сопровождается дискуссиями о социальных последствиях внедрения роботов [15]. Часть исследователей опасается, что в строительной отрасли роботы могут вытеснить рабочих со стройки. Однако далеко не всегда роботы создаются для замены человека.

The Rust Belt Robotics Group в университете Буффало, штат Нью-Йорк, разрабатывает человекоподобных роботов, чтобы помочь строительным бригадам, не заменяя их. Предполагается, что на стройке люди будут взаимодействовать с роботами, а сами роботы будут выполнять большую часть грязной работы (вывоз материалов, перенос грузов по лестницам, возведение лесов и др.). The Rust Belt Robotics Group построила три поколения малых роботов, все более и более сложных. Если робот первого поколения On-Site Construction Robot (OSCR) мог поднимать легкий, 3D-напечатанный кирпич, делать несколько шагов и опускать его в нужном месте, то робот третьего поколения перемещается на четырех ногах для большей устойчивости и прочности, переносит и устанавливает легкие, стандартного размера кирпичи. Он также может перемещаться и обрабатывать другие кирпичи, используя интегрированную видеокамеру и программное обеспе-

чение для управления. В настоящее время компания строит свой четвертый прототип – двуногого робота, который может использовать свои руки для захвата и резки блоков песчаника. Используя Wi-Fi, робот будет сочетать возможности предыдущих прототипов OSCR с возможностью 3D-сканирования окружающей среды и обмена информацией [16].

Роботы для инспекции тоннелей

В настоящее время разрабатываются роботы нового поколения, которые будут обеспечивать полную автономность процесса инспекции. Этой цели служит программа EC ROBINSPECT. Сотрудники Мадридского университета в рамках этой программы разработали систему, состоящую из беспилотного транспортного средства и крана на нем, снабженного манипулятором с набором сенсоров. За один проход тоннеля робот с помощью системы компьютерного зрения будет делать мгновенные двумерные снимки каждого сантиметра стен. При обнаружении дефектов робот будет останавливаться и производить более детальную поверку стен тоннеля в указанном месте. На выполнение программы выделено 4,8 млн. евро. Программа рассчитана на 2013-2016 гг. Опытный образец робота будет протестирован при строительстве метро в Лондоне и на трех других европейских объектах [17].

Подобные исследования ведутся в Канаде и США. В Канаде разработанная в Эдмонтонском университете роботизированная система VLTB позволяет сканировать стены через каждые 200 м, не останавливая работу по проходке тоннеля, что экономит много времени и средств. Система уже прошла полугодовые испытания при строительстве канализационного тоннеля, и ее создатели намерены довести ее до коммерческого использования.

В США для инспекции атомных реакторов разработан робот, сканирующий бетонные поверхности. Робот крепится на стене реактора и перебирается по ней. Его предполагается использовать также для инспекции плотин крупных рек. Коммерческая версия этого робота, как ожидается, будет готова в 2016 г. [18].

Системы дополненной реальности для строительства

Компанией Daqri в 2014 г. разработана каска для промышленных рабочих Smart Helmet [19], которая позволяет работникам получить доступ к интеллектуальным данным во время работы. На базовом уровне шлем обеспечивает обратную связь, обмен информацией с другими работниками независимо от их местоположения, и многое другое. Дизайн Smart Helmet включает в себя два выдвижных дисплея, которые располагаются перед глазами пользователя, так же, как Google Glass. Если дисплеи не нужны, они поднимаются вверх; каска оснащена защитным козырьком и четырьмя камерами, которые могут охватывать обзор в 360 градусов и способны идентифицировать опасности (например, приближающиеся сзади погрузчики), а также широким набором сенсоров, в том числе теплового видения, объемной камерой и инерционной системой измерения для отслеживания движения. Экраны обеспечивают видимость при любом освещении; каска позволяет передавать работникам фотографии, 3D-изображения, инструкции и другую информацию. Приложения для каски созданы на основе ОС Android, поэтому их можно использовать в других устройствах.

Цена современных систем дополненной реальности (AR) высока (от сотен тысяч до миллионов долларов), но они могут на 30-90% снизить количество ошибок и время сборки. По мнению исследователей, AR является эффективной технологией для строительства и промышленности в целом [20]. В краткосрочном периоде, как считают эксперты, будут доминировать системы AR на планшетной основе. В долгосрочной перспективе, когда улучшится качество и снизятся затраты, системы AR могут стать такими же распространенными, как смартфоны. По оценке консалтинговой компании Digi-Capital [21] рынок AR может достичь к 2020 г. 120 млрд. долл. Однако компания MarketandMarket [22] оценивает рынок дополненной и виртуальной реальности (AR и VR) в 2018 г. в 1,06 млрд. долл., из которых 659,98 млн. дол. будет приходиться на AR.

Экзоскелеты для строителей

Использование экзоскелетов может помочь рабочим в перемещении материалов на строительной площадке. Несколько компаний ведут работы в этом направлении (см. табл. 3.5).

Daewoo Shipbuilding Marine Engineering, одна из крупнейших в мире судостроительных компаний, разрабатывает робототехнические экзоскелеты, которыми собирается оснастить всех своих рабочих. Пока разработаны прототипы, которые

могут помочь подъему металлических грузов массой до 30 кг, но они имеют значительные ограничения по использованию (заряда аккумулятора экзоскелета хватает на 3 часа работы, им могут пользоваться рабочие ростом от 160 до 185 см). Масса экзоскелета составляет 28 кг, но за счет пластической конструкции он не мешает и не давит на работника. В перспективе компания собирается преодолеть все недостатки и увеличить массу поднимаемого груза до 100 кг [23].

Компания Panasonic создала экзоскелет для строителей и работников складских помещений. Этот экзоскелет, по словам разработчиков, весит всего 6 кг, но помогает перемещать грузы до 15 кг. Он активизирует свое действие, когда человек наклоняется за грузом. Включающийся двигатель помогает рабочему разогнуться, уменьшая нагрузку на спину. Зарядки аккумулятора хватает на 8 часов непрерывной работы. Стоимость экзоскелета оценивается примерно в 8 тыс. долл., запуск в продажу ожидался в сентябре 2015 г. [24].

Японская компания Cyberdyne Inc., давно работающая в области создания экзоскелетов для медицинских целей, разработала экзоскелет HAL for Labor Support массой 4 кг, который крепится к поясу рабочего и снижает на 40% нагрузку на позвоночник. Заряда аккумулятора хватает на 4 часа работы. В мае 2015 г. использование этого экзоскелета проходило в рамках тестирования, в июле 2015 г. он начал применяться строителями-монтажниками на крупных стройках почти повсеместно. Помимо снижения риска травм, экзоскелет позволяет продолжать трудиться на стройке и лицам пожилого возраста. Первыми экзоскелеты опробовали сотрудники международного аэропорта в Токио. Кроме того, партию экзоскелетов получили строительные фирмы во Франции, логистические центры и крупнейшие аэропорты Германии [25].

Компания Ekso Bionics, известная своими экзоскелетами для медицинских и военных целей [26], также намерена выпускать экзоскелеты для строительных рабочих. По оценкам компании, мировая строительная отрасль ежегодно теряет около 50 млрд. долл. из-за травмы спины у рабочих. В начале 2016 г. компания планирует выпустить свой промышленный экзоскелет. Он уже имеет прототипы, демонстрирующие существенное преимущество их использования в строительстве. По оценкам, один такой экзоскелет будет стоить около 10 тыс. долл., но компания указывает на быструю окупаемость инвестиций [27].

Таблица 1. Экзоскелеты различных компаний для строительных рабочих

Компания-производитель	Cyberdyne Inc	Panasonic	Ekso Bionics	Daewoo Shipbuilding Marine Engineering
Название	HAL for Labor Support	…	Ekso Works	…
Страна	Япония	Япония	США	Корея
Область применения	Логистика, строительство	Строительные и складские работы	…	Судостроительная промышленность
ограничение по росту работника, см	140 – 180	…	…	160-185
ограничение по массе работника, кг	40-80	…	…	…
Масса, кг	3	6	…	28
время работы, ч.	3	8	…	3
масса поднимаемого груза, кг	…	15	…	30
стоимость (оценка), тыс. долл.	…	8,1	12	…
Дата продаж	июль 2015 г.	сентябрь 2015 г.	начало 2016 г.	сентябрь 2014 г.

По оценкам компании TechNavio [28], мировой рынок экзоскелетов за период 2014-2019 гг. вырастет на 72,5%. Большую часть продаж составят медицинские ортопедические приложения, однако будет расти и доля экзоскелетов, применяемых в строительстве.

.

Новейшие виды робототехники для строительства

Швейцарский национальный научный фонд открыл в Цюрихе лабораторию цифровых производств (Digital Fabrication lab), наиболее завершенным проектом лаборатории является автономный робот Fabricator - промышленная рука на мобильной платформе, которая может класть кирпичи; он полностью автономен, имеет 2D лазерный дальномер, с помощью которого может создать 3D-карту объекта, что позволяет ему определять свое местоположение и перемещаться по строительной площадке без дополнительной инфраструктуры, а также автономно адаптироваться к небольшим вариациям дизайна, когда это необходимо. Пока робот может работать только в лабораторной среде и при укладке стены ставит кирпичи без раствора. Однако эта проблема, по мнению исследователей, разрешима.

Другим проектом лаборатории является создание робота, способного при строительстве использовать материалы с непредсказуемой геометрией, например, щебень. Этот проект сосредоточен на разработке передовых технологий трехмерного сканирования материалов и анализа данных в реальном времени, а также цифрового робота, который будет способен реагировать на такие нерегулярные материалы. В результате предполагается разработать инновационную и экологически безопасную систему возведения зданий без традиционных связующих материалов.

Третий проект лаборатории объединяет два отдельных компонента строительства - армирование и опалубку - в единый роботизированный процесс изготовления («ячеистая формовка»). В основе проекта – изготовление бетонной конструкции методом выдавливания с помощью системы цифрового управления. Этот метод в будущем позволит создавать нестандартные экологически чистые железобетонные конструкции, которые могут быть эффективно изготовлены непосредственно на строительной площадке. Этот проект лаборатории рассчитан на 2013-2016 гг., два предыдущих - на 2014-2018 гг. [29].

Роботы-«термиты» для строительства

Предполагается переход от автоматизированного процесса укладки кирпича к технологии работы роботов по принципу термитов[30]. Такие роботы будут незаменимы для подводных исследовательских станций или в космическом пространстве. Кроме того, они могли бы применяться для строительства дамб из мешков с песком в зонах наводнения. Авторы разработки предложили многоагентную строительную систему, в основе которой лежит принцип строительства курганов термитами. Пользователь задает требуемую структуру объекта, и система автоматически генерирует правила действия для независимых роботов. Роботы используют только местное зондирование и координируют свою деятельность с помощью общей среды.

Технология была продемонстрирована в виде физической реализации с участием трех автономных роботов. Каждый робот имеет размер около 12 см, они могут манипулировать кирпичами из вспененного пенополиуретана, размер которых почти вдвое превышает размер робота. Созданы алгоритмы, регулирующие поведение роботов в любых ситуациях. Строительство начинается с одного кирпича в определенном месте, роботы могут двигаться вперед, назад и поворачиваться на месте, они в состоянии подняться вверх или вниз на один шаг, равный высоте одного кирпича, и строить лестницы из кирпичей, чтобы подняться выше; роботы могут обнаружить кирпичи и других роботов, которые находятся в непосредственной близости от них; но не имеют сведений об общем размере структуры или действиях отдаленных роботов. С помощью системы распознавания образов, состоящей из семи инфракрасных датчиков, роботы могут обнаружить черные и белые узоры на кирпичах, что помогает их навигации. Децентрализованная строительная система из роботов легко адаптируется к потере участников (в случае их выхода из строя), как это происходит в природе с термитами. Далеко не все технические задачи решены, однако принцип данного исследования может быть применен с целью отправки роботов для строительства базы на Марсе [31].

Роботы-инспекторы мостовых сооружений

В Цюрихском инженерно-технологическом университете Швейцарии разрабатывается робот, который может осматривать обратную сторону мостов для обнаружения коррозии и других повреждений раньше, чем они будут видны, что повысит безопасность использования мостов и сократит затраты на их ремонт. В 2014 г. этот робот прошел успешные испытания. В основу разработки был положен робот Paraswift, который первоначально был оснащен камерой и предназначен для индустрии развлечений. При создании робота была использована технология электродного колеса для обнаружения областей низких электрических потенциалов в железобетоне, которые указывают на области с коррозией [32].

Мини-роботы – сварщики

Компания Hyundai Heavy Industries (HHI), одна из крупнейших судостроительных компаний в мире и ведущий производитель промышленных роботов, разработала мини-сварочные роботы для строительства кораблей. Они имеют компактную конструкцию (50x30x15 см) и могут работать в стесненных условиях, недоступных для сварщиков. Конечности с 6 степенями свободы позволяют роботу выполнять почти все виды сварочных работ на скорости, с которой, как правило, работают сварщики, использующие сварочный аппарат. С помощью магнита на теле робота его можно прикрепить к стальной стене или к потолку. Масса робота 15 кг, один оператор может контролировать трех роботов, что втрое увеличивает производительность. Компания планирует в дальнейшем разработку роботов для строительства береговых и морских объектов и строительного оборудования [33].

Роботы-краны

Компания Google планирует при постройке своего кампуса Googleplex, рассчитанного на 20 тыс. сотрудников, использовать роботы-краны («crabots»), представляющие собой набор малых гибких управляемых кранов и машин-роботов, сочетающих в себе маневренных мобильных роботов и традиционные подъемные краны грузоподъемностью до 10 т. [34].

Робот-строитель мостов

В Нидерландах разрабатывается многоосная роботизированная рука, которая может строить 3D-металлические структуры. Два таких робота планируется использовать для строительства моста в Амстердаме в 2017 г. Начав строить мост с двух разных сторон, роботы должны сойтись вместе в его центре. Предполагается, что полностью автоматизированное строительство займет 2 месяца. Для выполнения этого плана была создана опытно-исследовательская компания MX3D, специализирующаяся на строительстве шестиосных роботов, которые могут создавать объекты с помощью 3D печати из металла и смолы. Проект предполагает сотрудничество между MX3D, разработчиком программного обеспечения компанией Autodesk, строительной компанией Heijmans и др. [35]. В 2014 г. компания MX3D разработала промышленного робота с уникальной сварочной машиной и программным обеспечением для его управления. Он может печатать 3D крупные сложные структуры из устойчивого материала (металлов, смолы) практически любого размера или формы.

Использование БПЛА в строительстве

Использование беспилотных летательных аппаратов помогает быстро осмотреть участки, получить представление о процессе строительства и принять верное решение. Снимок строительной площадки с видео высокого разрешения может также служить в качестве отчета о выполненных работах. Создание 3D-образа объекта по данным БПЛА поможет оценить выполнение предполагаемого графика работ.

В Японии ведущая компания по производству строительной техники Komatsu заявила о запуске нового сервиса под названием Smart Construction, целью которого является расширение использования информационных и коммуникационных технологий в строительстве и привлечение молодежи в эту отрасль. Сервис включает в себя платформу под названием KomConnect, которая будет подключать машины и рабочих к облаку, для повышения эффективности работ, оказывать помощь путем применения искусственного интеллекта при контроле за работающей техникой, а также использование беспилотных летательных аппаратов. Smart Construction будет обеспечивать высокую точность обследования участков строительства, создавать 3D рисунок завершенного объекта, разрабатывать планы

строительства, хранить все данные об объекте после завершения строительства. Накопленные данные также могут быть использованы для поддержания социальной инфраструктуры, а также для работ по реконструкции и в случае стихийных бедствий [36]. В системе Smart Construction будут использованы беспилотники компании Skycatch для проведения обследований и создания 3D-моделей, а также интерактивных карт участков строительства [37].

Компания Siemens в течение трех лет использует беспилотные летательные аппараты для проведения работ над проектом Aspern Vienna's Urban Lakeside в Австрии - одном из крупнейших проектов городского развития в Европе. В 2014 г. компания представила пилотный проект, в котором данные воздушной съемки, сделанные БПЛА, сочетаются с программным обеспечением обработки изображений для визуализации потери энергии. Кроме того, данные могут быть представлены в виде тепловых карт, что облегчает определение зданий, ремонт которых позволит сделать их более энергоэффективными. С этой целью используются беспилотники с 8 пропеллерами, весом менее 5 кг. Операторы постоянно поддерживают визуальный контакт с беспилотниками и могут вмешаться, если возникают проблемы [38].

Австралийская фирма Soto Consulting Engineers использует БПЛА для контроля объектов тяжелой промышленности и рудников, крупных бетонных конструкций, котлов и горизонтальных конвейеров, а также для выявления структурных проблем в труднодоступных местах. Камеры высокого разрешения, установленные на БПЛА, позволяют определить места коррозии, что ведет к экономии средств и повышению безопасности объектов.

Применение беспилотников в строительстве не ограничивается только воздушной съемкой или инспектированием инженерной инфраструктуры. В 2011 г. Institute for Dynamic Systems and Control (Цюрих) представил 6-метровую башню, сложенную беспилотниками из 1500 кирпичей из полистирола. В настоящее время продолжается работа над проектом, особое внимание уделяя повышению грузоподъемности БПЛА.

Воздушные роботы могут быть оснащены различными инструментами для транспортировки материалов и манипулирования ими, что позволяет создать легкие строительные системы (например, тентовые конструкции, кабельные сетевые структуры и др.). Кроме того, БПЛА имеют уникальный набор атрибутов, который отличает их от обычной строительной техники: они обладают возможностью работать в труднодоступных местах, имеют способность взаимодействовать в структурах, которые не могут быть построены одной машиной и т.д.

В 2012 г., в Пенсильванском университете робототехники был представлен флот летающих роботов, образующих формирования в виде квадратов, восьмерок и др., что позволяет повысить грузоподъемность дронов без увеличения их размеров.

По мнению экспертов, на развитие технологий с использованием БПЛА для возведения сооружений может потребоваться от 5 до 10 лет, но даже тогда они будут только дополнять строительное производство, но не заменять его полностью. Другое возможное приложение создаваемых технологий – использование их на других планетах.

Заключение

Строительные роботы пока не стали повсеместно распространенным явлением. Однако развитие и совершенствование технологий, создание нового поколения сенсоров, новых систем навигации и перемещения, разработка приложений для эффективного взаимодействия между роботами открывает новые перспективы для развития строительных роботов. Уже в ближайшем будущем ожидается распространение строительной робототехники в широких масштабах. В настоящее время можно наблюдать, что технологии автоматизации строительства, обслуживание роботизированными системами и другие передовые технологии становятся присущими элементам зданий, строительных конструкций и строительной мебели.

.

Литература

1. URL: http://www.economywatch.com/world-industries/construction/trends.html (дата обращения – 23.08.15)
2. Global Construction Outlook 2020. – 2015, 87 P.
3. Jackson J.R. Robotics in the Construction Industry. – University of Florida, 1990.
4. URL:
http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tin00152&plugin=1 (дата обращения – 05.09.15)
5. Варшавский А.Е., Кочеткова Е.В. Проблемы дефицита инженерно-технических кадров // Экономический анализ: теория и практика, 32(431), 2015. с.2-16.
6. Кочеткова Е.В. Анализ показателей подготовки инженерно-технических кадров с учетом индикаторов инновационного развития // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов / Математика. Компьютер. Образование: Сб. научн. трудов (выпуск 21). № 2. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2014. С. 55-61.
7. Комкина Т.А. Динамика показателей качества среднего образования // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов / Математика. Компьютер. Образование: Сб. научн. трудов (выпуск 20). № 2. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2013. С. 40-48.
8. World Robotics 2002-2014 – IFR.
9. Robots and Automated Machines in Construction. – IAARC, March, 1998.
10. URL:http://www.bls.gov/ooh/construction-and-extraction/brickmasons-blockmasons-and-stonemasons.htm (дата обращения – 17.08.15)
11. URL:http://www.construction-robotics.com/about.html (дата обращения – 16.08.15)
12. URL:http://www.contourcrafting.org/ (дата обращения – 24.08.15)
13. Fastbric Robotics. Building a Revolution. – July 2015 Presentation. 28 p.
14. URL: http://insideunmannedsystems.com/building-enthusiasm-for-construction-robotics (дата обращения – 04.09.15)
15. Варшавский А.Е. Основные тенденции и показатели развития робототехники // «Концепции». ПИК ВИНИТИ. Москва. №1(33). С.16-25.
16. URL:http://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/citation-co-robotics-and-construction-oscr-1-4-prototypes_o (дата обращения – 04.09.15)
17. Robotic System with Intelligent Vision and Control for Tunnel Structural Inspection and Evaluation / Project reference: 611145 Funded under: FP7-ICT.
18. URL: http://st66.ru/news/Novoe_pokolenie_robotov_dlya_obsledovaniya_tonneley_785.html (дата обращения - 08.10.15)
19. URL: http://hardware.daqri.com/smarthelmet (дата обращения – 16.08.15)
20. URL:http://gelookahead.economist.com/augmented-reality/ (дата обращения – 16.08.15)
21. Augmented/Virtual Reality Report Q2 2015. – Digi-Capital, 2015.
22. Augmented and Virtual Reality Market. – MarketandMarket, 2014.
23. URL:https://www.newscientist.com/article/mg22329803.900-robotic-suit-gives-shipyard-workers-super-strength/#.U_x-irxdUZG (дата обращения – 16.08.15)
24. URL: http://news.rambler.ru/world/30665864/ (дата обращения – 16.08.15)
25. http://www.innoros.ru/news/foreign/15/07/osnashchenie-yaponskikh-stroitelei-popolnilos-ekzoskeletami (дата обращения – 16.08.15)
26. Комкина Т.А. Особенности и перспективы развития медицинской робототехники // «Концепции». ПИК ВИНИТИ. Москва. №1(33). С.26-33.
27. URL:http://www.fastcompany.com/3049042/tech-forecast/this-industrial-exoskeleton-helps-workers-carry-their-loads (дата обращения – 16.08.15)
28. Global Exoskeleton System Market 2015-2019. – TechNavio, 2015. 56 P.
29. URL: http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/robotic-construction-gets-fancy-at-eth-zurich-digital-fabrication-lab (дата обращения - 24.08.15)

30. URL: http://www.isqft.com/start/blog-robots-in-the-construction-industry/ (дата обращения - 14.08.15)
31. URL: http://edition.cnn.com/2014/02/13/tech/innovation/termite-robots-aaas/ (дата обращения - 14.08.15)
32. URL: http://www.asce.org/templates/2-column-pb.aspx?pageid=5315&mssearch=robots#/d0f381e09513a4456c46e85298297210 (дата обращения - 14.08.15)
33. http://www.marinelink.com/news/develops-hyundai-welding354258.aspx
34. URL:http://www.bizjournals.com/sanjose/news/2015/03/01/meet-googles-crabot-part-crane-part-robot-all.html?page=all&r=full (дата обращения – 15.08.15)
35. URL: http://mx3d.com/projects/bridge/ (дата обращения – 16.08.15)
36. URL: http://www.komatsu.com/CompanyInfo/press/2015012012283202481.html (дата обращения - 24.08.15)
37. URL: http://www.gizmag.com/drones-building-construction-industry/36306/ (дата обращения - 24.08.15)
38. URL: http://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/digitalization-and-software/digital-assistants-construction-site-surveillance.html (дата обращения - 24.08.15)

Хеджирование опционных позиций (обзор)*

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, доктор экономических наук, профессор Ю.П.Соловьев
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, кандидат физико-математических наук, профессор В.Е. Барбаумов
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, кандидат технических наук И.М. Гладких
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, аспирант Т.А. Абубакиров

Аннотация. При покупке (продаже) опционов возникает подверженность рыночному риску из-за возможных непредвиденных изменений спот-цены базовых активов. Эта подверженность может значительно возрастать в условиях нестабильности финансовых рынков. Во многих случаях для снижения этой подверженности используется дельта-хеджирование или гамма-хеджирование. Основная проблема при применении той или иной стратегии хеджирования – адекватная оценка дельта и гамма-коэффициентов опционов. В работе проанализированы основные методы оценки этих коэффициентов.

Ключевые слова: Дельта-коэффициент, гамма-коэффициент, дельта-хеджирование, гамма-хеджирование, модель Блэка-Шоулза, модель смешанной логнормальной диффузии, модель CEV, модель SABR, модель Хестона

Annotation. When buying (selling) options, exposure to market risk arises because of possibility of unexpected changes of underlying asset spot price. This exposure may significantly increase in case of financial markets instability. In many cases to reduce this exposure delta-hedging and gamma-hedging are used. The main issue of using different hedging strategies is adequate valuation of options delta and gamma coefficients. In the work basic methods of valuations of these coefficients are analysed.

Key words: Delta-coefficient, Gamma-coefficient, delta-hedging, gamma-hedging, Black-Scholes model, mixed lognormal diffusion model, CEV model, SABR model, Heston model.

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-06-00220

Если инвестор покупает или продает какой-нибудь опцион, то его позиция становится подверженной рыночному риску из-за непредвиденных изменений спот-цены базовых активов.

Для снижения этой подверженности часто используется дельта-хеджирование.

Дельта-коэффициент опциона на момент t определяется следующим равенством:

$$\delta_t = \frac{< df_t, dS_t >}{< dS_t, dS_t >}, \quad (1)$$

где:

- $< df_t, dS_t >$ - ковариация между мгновенными изменениями стоимости опциона и спот-цены базовых активов на момент времени t;
- $< dS_t, dS_t >$ - дисперсия мгновенного изменения спот-цены базовых активов на момент времени t.

При таком определении дельта-коэффициента мгновенное изменение стоимости портфеля, состоящего из покупки опциона и продажи δ_t базовых активов не коррелирует с мгновенным изменением спот-цены базовых активов.

Действительно,

$$< df_t - \delta_t dS_t, dS_t >=< df_t, dS_t > -\delta_t < dS_t, dS_t >=< df_t, dS_t > -\frac{< df_t, dS_t >}{< dS_t, dS_t >} \quad (2)$$
$$< dS_t, dS_t >= 0$$

Дельта-хеджирование опционной позиции в случае продаже опциона в момент времени t_0 сводится к следующим операциям:

1. В начальный момент t_0 производится покупка δ_{t_0} базовых активов;
2. В определенные моменты $t_1, t_2, \dots, t_K$, где $t_1 < t_2 < \cdots < t_K$, производится «ребалансировка» позиции, т.е. в момент t_k, $k = 1,2, \dots, K$, осуществляется покупка $\delta_{t_k} - \delta_{t_{k-1}}$ базовых активов.

По существу при дельта-хеджировании искусственным образом «воспроизводится» покупка опциона, аналогичного проданному. При этом такое «воспроизведение» оказывается тем точнее, чем меньше значение величины $\max_{1 \le k \le K}\{t_k - t_{k-1}\}$. Однако, реальных условиях при увеличении частоты «ребалансировок» возрастают транзакционные издержки.

В схеме дельта-хеджирования вместо базовых активов можно использовать любой другой биржевой финансовый инструмент, производный от базовых активов проданного опциона.

Для снижения подверженности рыночному риску при той или иной опционной позиции можно использовать гамма-хеджирование.

Гамма-коэффициент опциона на момент времени t определяется в следующем виде:

$$\gamma_t = \frac{< d\delta_t, dS_t >}{< dS_t, dS_t >}, \quad (3)$$

где:

- $< d\delta_t, dS_t >$ - ковариация между мгновенными изменениями дельта-коэффициента опциона и спот-цены базовых активов на момент времени t;
- $< dS_t, dS_t >$ - дисперсия мгновенного изменения спот-цены базовых активов на момент времени t.

В стандартной схеме гамма-хеджирования наряду с покупкой (продажей) базовых активов проданного опциона регулярно производится покупка (продажа) еще и некоторого биржевого опциона на этот базовый актив.

Дельта и гамма-коэффициенты биржевого опциона на момент времени t будем обозначать, соответственно $\delta_t^{(\delta)}$ и $\gamma_t^{(\delta)}$.

Гамма-хеджирование опционной позиции в случае продажи исходного опциона сводится к следующим операциям:

1. В начальный момент времени t_0 производится покупка $\frac{\gamma_{t_0}}{\gamma_{t_0}^{(\delta)}} * \delta_{t_0}^{(\delta)} - \delta_{t_0}$ базовых активов и $-\frac{\gamma_{t_0}}{\gamma_{t_0}^{(\delta)}}$ биржевых опционов;
2. В определенные моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_K$, где $t_0 < t_1 < t_2 < \cdots < t_K$, производится «ребалансировка» позиции: в момент $t_k, 1 \le k \le K$, осуществляется покупка: $\frac{\gamma_{t_k}}{\gamma_{t_k}^{(\delta)}} * \delta_{t_k}^{(\delta)} - \frac{\gamma_{t_{k-1}}}{\gamma_{t_{k-1}}^{(\delta)}} * \delta_{t_{k-1}}^{(\delta)} - \delta_{t_k} + \delta_{t_{k-1}}$ базовых активов и $\frac{\gamma_{t_{k-1}}^{(\delta)}}{\gamma_{t_{k-1}}} - \frac{\gamma_{t_k}^{(\delta)}}{\gamma_{t_k}}$ биржевых опционов.

По существу, при гамма-хеджировании так же, как и при дельта-хеджировании, искусственным образом воспроизводится покупка опциона, аналогичного проданному. Однако, при одной и той ж частоте ребалансировок в случае гамма-хеджирования это воспроизведение оказывается более точным, нежели при дельта-хеджировании.

Таким образом, чтобы использовать дельта-хеджирование опционной позиции необходимо иметь адекватную методику для оценки дельта-коэффициентов опционов, а для применения гамма-хеджирования потребуется еще и оценка гамма-коэффициентов.

Предположим вначале, что спот-цена базовых активов $S_t - S(t, \lambda_t)$ определяется следующими условиями:

$$\begin{cases} dS_t = \mu(t, S_t)S_t dt + \sigma(t, S_t, \lambda_t)S_t dB_t, \\ d\lambda_t = \alpha(t, \lambda_t)dt + \beta(t, \lambda_t)dw_t, \\ dw_t = \rho dB_t + \sqrt{1-\rho^2}dz_t, \\ < dz_t, dB_t >= 0, \end{cases} \quad (4)$$

где:

- $\mu(t, S_t), \sigma(t, S_t, \lambda_t), \alpha(t, \lambda_t), \beta(t, \lambda_t)$ - детерминированные функции соответствующих аргументов;
- dB_t, dw_t, dz_t - стохастические дифференциалы винеровских случайных процессов;
- ρ - мгновенная корреляция между λ_t и S_t.

В работе [1] показано, что в условиях модели (4) дельта и гамма-коэффициенты опциона можно оценивать следующим образом:

$$\begin{cases} \delta_t = \delta(t, S_t, \lambda_t) = \dfrac{\partial f_t}{\partial S} + \dfrac{\partial f_t}{\partial \lambda}X, \\ \gamma_t = \gamma(t, S_t, \lambda_t) = \dfrac{\partial^2 f_t}{\partial S^2} + X\left(2\dfrac{\partial^2 f_t}{\partial \lambda \partial S} + \dfrac{\partial^2 f_t}{\partial \lambda^2}X\right) + \dfrac{\partial f_t}{\partial \lambda}\left(\dfrac{\partial X}{\partial S} + \dfrac{\partial X}{\partial \lambda}X\right), \end{cases} \quad (5)$$

где:

- $f_t = f(t, S_t, \lambda_t)$ - стоимость рассматриваемого опциона;
- $X = \frac{\beta(t,\lambda_t)\rho}{\sigma(t,S_t,\lambda_t)S_t}$;
- $\frac{\partial X}{\partial S} = -\frac{\beta(t,\lambda_t)\rho\left[\sigma(t,S_t,\lambda_t)+\frac{\partial \sigma}{\partial S}(t,S_t,\lambda_t)S_t\right]}{(\sigma(t,S_t,\lambda_t)S_t)^2}$;
- $\frac{\partial X}{\partial S} = \frac{\frac{\partial \beta(t,\lambda_t)}{\partial \lambda_t}\rho\sigma(t,S_t,\lambda_t)S_t - \beta(t,\lambda_t)\rho - \frac{\partial \sigma(t,S_t,\lambda_t)}{\partial \lambda}S_t}{(\sigma(t,S_t,\lambda_t)S_t)^2}$.

Оценка дельта и гамма-коэффициентов в известных опционных моделях

Модель Блэка-Шоулза

В модели Блэка-Шоулза спот-цена базовых активов определяется геометрическим броуновским движением:

$$dS_t = (r - q)S_t dt + \sigma S_t dB_t, \quad (6)$$

где:

- r - постоянная безрисковая процентная ставка;
- q - постоянная дивидендная доходность базовых активов;
- σ - постоянная волатильность базовых активов;
- dB_t – стохастический дифференциал винеровского случайного процесса.

Дельта и гамма-коэффициенты в модели Блэка-Шоулза оцениваются в следующем виде:

$$\delta_{BS} = \frac{\partial f_{BS}}{\partial S}, \gamma_{BS} = \frac{\partial^2 f_{BS}}{\partial S^2},$$

где $f_{BS} = f_{BS}(t, S_t, r, q, \sigma)$.

В частности для европейских опционов «колл» и «пут»:

$$\delta_{BS}^{(c)} = e^{-q(T-t)}N(d_1), \delta_{BS}^{(p)} = -e^{-q(T-t)}N(-d_1), \gamma_{BS}^{(c)} = \gamma_{BS}^{(p)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-q(T-t)}e^{-\frac{d_1^2}{2}}\frac{1}{\sigma\sqrt{T-t}},$$

где:

- $d_1 = \frac{\ln\frac{S_t}{K} + (T-t)\left(r-q+\frac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma\sqrt{T-t}}$,
- K - цена исполнения опциона;
- T - дата исполнения опциона.

Дельта и гамма-коэффициенты американских опционов можно оценивать приближенно на основе биномиальной модели.

Для построения n-этапной биномиальной модели временной промежуток $[t, T]$ разобьем на n равных частей точками:

$$t_1 = t + h, t_2 = t + 2h, \dots, t_n = t + nh = T,$$

где $h = \frac{T-t}{n}$.

В этом случае биномиальная модель определяется следующими условиями:

- $S_{t_k} = S_{t_{k-1}} * s_k, k = 1, 2, \dots, n$;
- случайные величины $s_1, s_2, \dots, s_n$ независимы;
- $s_k = \begin{cases} u, \text{ с вероятностью } \pi \\ d, \text{ с вероятностью } 1-\pi \end{cases}$;
- $u = e^{\sigma\sqrt{h}}, d = e^{-\sigma\sqrt{h}}, \pi = \frac{e^{(r-q)h} - d}{u-d}$.

Стоимость американского опциона на момент t_k при условии, что спот-цена базовых активов до этого момента поднималась i раз, обозначим $f_k(i)$.

Для американского опциона «колл»:

$$f_n(i) = \max\left\{S_t e^{(2i-n)\sqrt{h}} - K, 0\right\}, i = 0, 1, 2, \dots, n;$$
$$f_k(i) = \max\left\{S_t e^{(2i-k)\sqrt{h}} - K, e^{-rh}\left[\pi f_{k+1}(i+1) + (1-\pi)f_{k+1}(i)\right]\right\}, i = 0, \dots, k, k = 0, \dots, n-1.$$

Дельта и гамма-коэффициенты американского опциона оцениваются следующим образом:

$$\delta_t = \frac{f_1(1) - f_1(0)}{S_t(u-d)},$$
$$\gamma_t = \frac{2}{S_t^2\left(e^{2\sigma\sqrt{h}} - e^{-2\sigma\sqrt{h}}\right)}\left\{\frac{f_2(2) - f_2(1)}{e^{2\sigma\sqrt{h}} - 1} + \frac{f_2(1) - f_2(0)}{e^{-2\sigma\sqrt{h}} - 1}\right\}.$$

Модель «смешанной логнормальной диффузии»

Модель «смешанной логнормальной диффузии» [2] определяется условиями:

$$dS_t = (r-q)S_t dt + \sigma(t, S_t)S_t dB_t, \quad (7)$$

где $\sigma(t, S_t)$ - детерминированная функция двух переменных.

При этом плотность распределения $\ln S_t$ при $t > t_0$ имеет следующий вид:

$$g(x) = p * \phi\left(x, \left(r - q + s_1 - \frac{\sigma_1^2}{2}\right)(t - t_0), \sigma_1^2(t - t_0)\right) + (1 - p) * \phi\left(x, \left(r - q + s_2 - \frac{\sigma_2^2}{2}\right)(t - t_0), \sigma_2^2(t - t_0)\right),$$

где

- $0 < p < 1$;
- $\phi(x, \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ - плотность нормального распределения;
- $s_2 = \frac{1}{t - t_0} \ln\left(\frac{1 - pe^{s_1(t-t_0)}}{1-p}\right)$.

В модели «смешанной логнормальной диффузии» дельта и гамма-коэффициенты оцениваются в виде:

$$\delta_t = p\delta_{BS}(t, S_t, r, q - s_1, \sigma_1) + (1 - p)\delta_{BS}(t, S_t, r, q - s_2, \sigma_2),$$
$$\gamma_t = p\gamma_{BS}(t, S_t, r, q - s_1, \sigma_1) + (1 - p)\gamma_{BS}(t, S_t, r, q - s_2, \sigma_2).$$

Модель постоянной эластичности вариации

В модели постоянной эластичности вариации (Constant Elasticity of Variance – CEV) [3] спот-цена базовых активов определяется стохастическим дифференциальным уравнением вида:

$$dS_t = (r - q)S_t dt + \sigma S_t^{\alpha} dB_t, \quad (8)$$

где:

- r - постоянная берисковая процентная ставка;
- q - постоянная дивидендная доходность базовых активов;
- α, σ - положительные параметры ($\sigma S_t^{\alpha-1}$ – волатильность базовых активов);
- dB_t - стохастический дифференциал винеровского случайного процесса.

Дельта и гамма-коэффициенты в условиях модели CEV оцениваются в виде:

$$\delta_t^{CEV} = \frac{\partial f_t^{CEV}}{\partial S}, \gamma_t^{CEV} = \frac{\partial^2 f_t^{CEV}}{\partial S^2},$$

где $f_t^{CEV} = f_t^{CEV}(t, S_t, r, q, \sigma, \alpha)$ - стоимость рассматриваемого опциона.

В статье [3] выведены конечные формулы для оценивания европейских опционов «колл» и «пут».

Европейский опцион «колл» оценивается по формуле:

$$f_t^{CEV} = \begin{cases} S_t e^{-q(T-t)}[1 - \chi^2(a, b + 2, c)] - Ke^{-r(T-t)}\chi^2(c, b, a), \text{при } 0 < \alpha < 1, \\ S_t e^{-q(T-t)}[1 - \chi^2(c, b, a)] - Ke^{-r(T-t)}\chi^2(a, 2 - b, c), \text{при } \alpha \geq 1. \end{cases}$$

Европейский опцион «пут» оценивается по формуле:

$$f_t^{CEV} = \begin{cases} Ke^{-r(T-t)}[1 - \chi^2(c, b, a)] - S_t e^{-q(T-t)}\chi^2(a, b + 2, c), \text{при } 0 < \alpha < 1, \\ Ke^{-r(T-t)}[1 - \chi^2(a, 2 - b, c)] - S_t e^{-q(T-t)}\chi^2(c, -b, a), \text{при } \alpha > 1. \end{cases}$$

В этих формулах:

- $a = \frac{Ke^{2(\alpha-a)}}{(1-\alpha)^2\sigma^2(T-t)}, b = \frac{1}{1-\alpha}, c = \frac{(S_t e^{(r-q)(T-t)})^{2(1-\alpha)}}{(1-\alpha)^2\sigma^2(T-t)}$;
- $\chi^2(z, \beta, v)$ - критическое значение нецентрального распределения χ^2 с параметрами β, v, соответствующее вероятности z.

Эффективная процедура для расчета критических значений нецентрального распределения χ^2 приведена в работе [4].

Если спот-цена базовых активов определяется моделью CEV, то для оценки различных опционов можно использовать триномиальную модель.

Для построения n-этапной триномиальной модели временной промежуток $[t,T]$ разобьем на n равных частей точками:

$t_1 = t + h, t_2 = t + 2h, \dots, t_n = t + nh = T,$

где $h = \frac{T-t}{n}$.

Пусть

$S(0,0) = S_t,$

$S(t+1,0) = S(t,0)e^{(r-q)h}, t = 0,1,\dots,n-1,$

$S(t+1,k) = S(t,0)e^{k\phi\sigma\sqrt{h}}, t = 0,1,\dots,n-1, k = \pm1,\pm2,\dots,\pm t,$

$\phi > 0.$

В триномиальной модели, если в момент времени t_i спот-цена базовых активов равна $S(t,f)$, то в момент времени t_{i+1} она может принимать значения:

$S(t+1,f+1)$ с вероятностью $p_u(t,f)$,

$S(t+1,f)$ с вероятностью $p_m(t,f)$,

$S(t+1,f-1)$ с вероятностью $p_d(t,f)$,

где

$$p_u(t,f) = \frac{\sigma^2 S^{2\alpha}(t,f)h}{\left(S(t+1,f+1) - S(t,f)\right)\left(S(t+1,f+1) - S(t+1,f-1)\right)},$$

$$p_d(t,f) = \frac{\sigma^2 S^{2\alpha}(t,f)h}{\left(S(t+1,f+1) - S(t+1,f-1)\right)\left(S(t+1,f+1) - S(t+1,f-1)\right)},$$

$$p_m(t,f) = 1 - p_u(t,f) - p_d(t,f).$$

По построенной триномиальной модели можно оценить стоимость, например, американских опционов.

Тогда,

$$\delta_t^{CEV} = \frac{\partial f_t^{CEV}}{\partial S}, \gamma_t^{CEV} = \frac{\partial^2 f_t^{CEV}}{\partial S^2}.$$

Если спот-цена базовых активов определяется моделью CEV, то форвардная цена этих активов должна удовлетворять следующему стохастическому дифференциальному уравнению:

$$dF_t = V(F_t)^{\beta+1} dB_t, \qquad (9)$$

где $\beta = \alpha - 1, V = \sigma e^{-\beta(r-q)(T-t)}$.

В статье [5] выведены приближенные формулы для оценки краткосрочных европейских опционов и дельта-коэффициентов этих опционов.

Для европейских опционов «колл»:

$$f_t^{CEV} \approx \begin{cases} e^{-r(T-t)}\left\{(F_t - K)N(d_{1,CEV}) + \frac{F_t - K}{d_{1,CEV}} n(d_{1,CEV})\right\}, \text{при } \beta < 0, \\ e^{-r(T-t)}\left\{(F_t - K)\left(N(d_{2,CEV}) - N(d_{1,CEV})\right) + (F_t - K)\left(\frac{n(d_{2,CEV})}{d_{2,CEV}} - \frac{n(d_{1,CEV})}{d_{1,CEV}}\right)\right\}, \text{при } \beta > 0. \end{cases}$$

$$\delta_t^{CEV} \approx \begin{cases} e^{-r(T-t)}\left\{N(d_{1,CEV}) + \dfrac{n(d_{1,CEV})}{d_{1,CEV}} - \dfrac{(F_t-K)}{d_{1,CEV}^2}\dfrac{\partial d_{1,CEV}}{\partial F}n(d_{1,CEV})\right\}, \text{если } \beta < 0, \\ e^{-r(T-t)}\left\{\begin{array}{c} -N(d_{1,CEV}) + N(d_{2,CEV}) - \dfrac{n(d_{1,CEV})}{d_{1,CEV}} + \dfrac{n(d_{2,CEV})}{d_{2,CEV}} - \\ - \dfrac{(F_t-K)}{d_{1,CEV}^2}\dfrac{\partial d_{1,CEV}}{\partial F}n(d_{1,CEV}) \end{array}\right\}, \text{если } \beta > 0. \end{cases}$$

$$\gamma_t^{CEV} = \frac{\partial \delta_t^{CEV}}{\partial S},$$

где:

- $d_{1,CEV} = \frac{F_t^{-\beta} - K^{-\beta}}{v|\beta|\sqrt{T-t}}, d_{2,CEV} = \frac{F^{-\beta}}{v|\beta|\sqrt{T-t}};$
- $N(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{y^2}{2}}dy, n(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{z^2}{2}}.$

Для европейских опционов «пут»:

$$f_t^{CEV} \approx \begin{cases} e^{-r(T-t)}\left\{(K-F_t)N(d_{1,CEV}) + \dfrac{K-F_t}{d_{1,CEV}}n(d_{1,CEV})\right\}, \text{при } \beta > 0, \\ e^{-r(T-t)}\left\{(K-F_t)\left(N(d_{2,CEV}) - N(d_{1,CEV})\right) + (K-F_t)\left(\dfrac{n(d_{2,CEV})}{d_{2,CEV}} - \dfrac{n(d_{1,CEV})}{d_{1,CEV}}\right)\right\}, \text{при } \beta < 0. \end{cases}$$

$$\delta_t^{CEV} \approx \begin{cases} e^{-r(T-t)}\left\{-N(d_{1,CEV}) + \dfrac{n(d_{1,CEV})}{d_{1,CEV}} - \dfrac{(K-F_t)}{d_{1,CEV}^2}\dfrac{\partial d_{1,CEV}}{\partial F}n(d_{1,CEV})\right\}, \text{если } \beta > 0, \\ e^{-r(T-t)}\left\{\begin{array}{c} N(d_{1,CEV}) - N(d_{2,CEV}) + \dfrac{n(d_{1,CEV})}{d_{1,CEV}} - \dfrac{n(d_{2,CEV})}{d_{2,CEV}} + \\ + \dfrac{(K-F_t)}{d_{1,CEV}^2}\dfrac{\partial d_{1,CEV}}{\partial F}n(d_{1,CEV}) \end{array}\right\}, \text{если } \beta < 0. \end{cases}$$

$$\gamma_t^{CEV} = \frac{\partial \delta_t^{CEV}}{\partial S}.$$

Модель SABR

В модели SABR [6] форвардная цена базовых активов определяется следующими условиями:

$$\begin{cases} dF_t = \alpha_t F_t^{\beta} dB_t, \\ d\alpha_t = v\alpha_t dw_t, \\ dw_t = \rho dB_t + \sqrt{1-\rho^2}dz_t, \\ < dz_t, dB_t >= 0, \end{cases} \quad (10)$$

где v, β - постоянные параметры.

Модель SABR является частным случаем модели (4), где

$S_t = F_t, \lambda_t = \alpha_t, \mu(t, F_t) = 0, \sigma(t, F_t, \alpha_t) = \alpha_t F_t^{\beta-1}, \alpha(t, \sigma_t) = 0, \beta(t, \alpha_t) = v\alpha_t.$

Тогда

$$X = \frac{\beta(t,\lambda_t)\rho}{\sigma(t,S_t,\lambda_t)S_t} = \frac{v\alpha_t\rho}{\alpha_t F_t^{\beta}} = \frac{v\rho}{F_t^{\beta}};$$

$$\frac{\partial X}{\partial F} = -\frac{\beta v \rho}{F_t^{\beta+1}};$$
$$\frac{\partial X}{\partial \alpha} = 0.$$

Из равенства (5) следует, что

$$\delta_t^{SABR} = \frac{\partial f_t^{SABR}}{\partial F} + \frac{v\rho}{F_t^{\beta}} * \frac{\partial f_t^{SABR}}{\partial \alpha},$$
$$\gamma_t^{SABR} = \frac{\partial^2 f_t^{SABR}}{\partial F^2} + \frac{v\rho}{F_t^{\beta}} \left(2\frac{\partial^2 f_t^{SABR}}{\partial F \partial \alpha} + \frac{v\rho}{F_t^{\beta}} * \frac{\partial^2 f_t^{SABR}}{\partial \alpha^2} - \frac{\beta}{F_t} * \frac{\partial f_t^{SABR}}{\partial \alpha} \right).$$

В работе [6] показано, что в условиях модели SABR стоимости европейских фьючерсных опционов можно оценить по следующим формулам:

$$f_t^{SABR} = e^{-r(T-t)}[FN(d_1) - KN(d_2)] \text{ (для опционов колл)},$$
$$f_t^{SABR} = e^{-r(T-t)}[KN(-d_2) - FN(-d_1)] \text{ (для опционов пут)},$$

где

$$d_{1,2} = \frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right) \pm \frac{1}{2}\sigma_B^2 (T-t)}{\sigma_B \sqrt{T-t}},$$
$$\sigma_B = \sigma_B(K, F, t)$$
$$= \frac{\alpha_t}{\left[\begin{array}{c} (F_t K)^{\frac{1-\beta}{2}} \left\{ 1 + \frac{(1-\beta)^2}{24} \ln^2 \frac{F_t}{K} + \frac{(1-\beta)^4}{1920} \ln^4 \frac{F_t}{K} + \cdots \right\} * \\ * \frac{z}{\chi(z)} * \left\{ 1 + \frac{(1-\beta)^2}{24} * \frac{\alpha_t^2}{(F_t K)^{1-\beta}} + \frac{1}{4} \frac{\rho \beta v \alpha_t}{(F_t K)^{\frac{1-\beta}{2}}} + \frac{(2-3\rho^2)}{24} v^2 \right\} (T-t) + \cdots \end{array} \right]}$$
$$z = \frac{v}{\alpha_t} (F_t K)^{\frac{1-\beta}{2}} \ln \frac{F_t}{K},$$
$$\chi(z) = \ln \left\{ \frac{\sqrt{1 - 2\rho z + z^2} + z - \rho}{1 - \rho} \right\}.$$

На основе приведенных соотношений можно оценить все частные производные:

$$\frac{\partial f_t^{SABR}}{\partial F}, \frac{\partial f_t^{SABR}}{\partial \alpha}, \frac{\partial^2 f_t^{SABR}}{\partial F \partial \alpha}, \frac{\partial^2 f_t^{SABR}}{\partial F^2}, \frac{\partial^2 f_t^{SABR}}{\partial \alpha^2}.$$

Кроме того, в статье [5] приведены простые приближенные формулы для оценки краткосрочных европейских фьючерсных опционов.

Для европейских опционов «колл»:

$$f_t^{SABR} = \begin{cases} e^{-r(T-t)}\left\{(F_t-K)N(d_{1,SABR})+\left[\frac{F_t-K}{d_{1,SABR}}\right]n(d_{1,SABR})\right\}, \text{при } \gamma=\beta-1<0, \\ e^{-r(T-t)}\left\{\begin{array}{c}(F_t-K)[N(d_{2,SABR})-N(d_{1,SABR})]+\frac{(F_t-K)}{d_{2,SABR}}n(d_{2,SABR})- \\ -\frac{(F_t-K)}{d_{1,SABR}}n(d_{1,SABR})\end{array}\right\}, \text{при } \gamma>0 \end{cases}$$

где

$$d_{1,SABR}=\frac{sign(\gamma)}{v\sqrt{T-t}}\ln\left(\sqrt{1+\frac{v^2}{\alpha_t^2\gamma^2}\left(F_t^{-\gamma}-K^{-\gamma}\right)^2}+\frac{v}{\alpha_t\gamma}\left(F_t^{-\gamma}-K^{-\gamma}\right)\right)$$

$$d_{2,SABR}=\frac{sign(\gamma)}{v\sqrt{T-t}}\ln\left(\sqrt{1+\frac{v^2}{\alpha_t^2\gamma^2}F_t^{-2\gamma}}+\frac{v}{\alpha_t\gamma}F_t^{-\gamma}\right)$$

Для европейских опционов «пут»:

$$f_t^{SABR} = \begin{cases} e^{-r(T-t)}\left\{(K-F_t)N(d_{1,SABR})+\left[\frac{K-F_t}{d_{1,SABR}}\right]n(d_{1,SABR})\right\}, \text{при } \gamma>0, \\ e^{-r(T-t)}\left\{\begin{array}{c}(K-F_t)[N(d_{2,SABR})-N(d_{1,SABR})]+ \\ +\frac{(K-F_t)}{d_{2,SABR}}n(d_{2,SABR})-\frac{(K-F_t)}{d_{1,SABR}}n(d_{1,SABR})\end{array}\right\}, \text{при } \gamma<0 \end{cases}$$

Модель Хестона

В модели Хестона [7] спот-цена базовых активов определяется следующими условиями:

$$\begin{cases} dS_t=\mu S_t dt+\sqrt{V_t}S_t dB_t, \\ dV_t=a(m-V_t)dt+b\sqrt{V_t}dw_t, \\ dw_t=\rho dB_t+\sqrt{1-\rho^2}dz_t, \\ <dB_t,dz_t>=0 \end{cases} \quad (11)$$

Из соотношений (5) следует, что дельта и гамма-коэффициенты в модели Хестона можно оценивать по формулам:

$$\delta_t^H=\frac{\partial f_t^H}{\partial S}+\frac{\partial f_t^H}{\partial V}\frac{b\rho}{S_t},$$

$$\gamma_t^H-\frac{\partial^2 f_t^H}{\partial S^2}+\frac{b\rho}{S_t}\left(2\frac{\partial^2 f_t^H}{\partial V\partial S}+\frac{\partial^2 f_t^H}{\partial V^2}\frac{b\rho}{S_t}-\frac{\partial f_t^H}{\partial V}\frac{1}{S_t}\right),$$

где f_t^H - стоимость опциона в модели Хестона.

В статье [7] выведены конечные формулы для оценки европейских опционов, когда спот-цена базовых активов определяется условиями (11).

Общий случай

При неопределенной динамике спот-цены базовых активов оценку дельта и гамма-коэффициентов европейских опционов можно производить на основе формул Блэка-Шоулза с использованием «предполагаемой» волатильности базовых активов.

Предполагаемой волатильностью базовых активов называют значение волатильности, при котором стоимость европейского опциона, рассчитанная по модели Блэка-Шоулза, совпадает с рыночной стоимостью этого опциона.

В общем случае предполагаемая волатильность базовых активов зависит от: спот-цены базовых активов, цены исполнения опциона, текущего момента и даты истечения опциона, т.е.

$$\sigma_{\text{пр}} = \theta(S_t, K, t, T).$$

Дельта и гамма-коэффициенты европейских опционов можно оценивать по следующим формулам:

$$\delta_t = \frac{\partial f_{BS}}{\partial S} + \frac{\partial f_{BS}}{\partial \sigma}\frac{\partial \sigma_{\text{пр}}}{\partial S}, \quad (12)$$

$$\gamma_t = \frac{\partial^2 f_{BS}}{\partial S^2} + \frac{\partial f_{BS}}{\partial \sigma}\frac{\partial^2 \sigma_{\text{пр}}}{\partial S^2} + 2\frac{\partial^2 f_{BS}}{\partial S \partial \sigma}\frac{\partial \sigma_{\text{пр}}}{\partial S} + \frac{\partial^2 \sigma_{\text{пр}}}{\partial \sigma^2}\left(\frac{\partial \sigma_{\text{пр}}}{\partial S}\right)^2 \quad (13)$$

Основная проблема при использовании формул (12)-(13) – это оценка частных производных предполагаемой волатильности: $\frac{\partial \sigma_{\text{пр}}}{\partial S}$ и $\frac{\partial^2 \sigma_{\text{пр}}}{\partial S^2}$.

В статье [8] анализируются рыночные методы оценки частной производной $\frac{\partial \sigma_{\text{пр}}}{\partial S}$.

Литература

1. Alexander C., Kaeck A., Nogueira L. “Model Risk Adjusted Hedge Ratios”, 2009, Journal of Futures Markets, 29 (11), 1021 – 1049
2. Brigo D., Mercurio F. “Lognormal Mixture Dynamics and Calibration to Market Volatility Smiles”, 2003, Quantitative Finance, 3, 173 – 183
3. Cox J.C., Ross S.A. (1976), “The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes”, Journal of Financial Economics, 4, 145 – 166
4. Ding C.G. “Algorithm AS275: Computing the Non-Central Distribution Function”, Aplpied Statistics, 41 (1992), 478 – 482
5 . Jordan R., Tier C. “Asymptotic Approximations to CEV and SABR Models”, 2010, International Journal of Theoretical and Applied Finance
6. Hagan P., Kumar D., Lesniewsky A., Woodward D. (2002) “Managing Smile Risk”, Wilmott Magazine, , 84 – 108
7. Heston S. “A Closed-Form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency Options”, 1993, Review of Financial Studies, 6 (2), 327 – 43
8. Alexander C., Rubinov A., Kalepky M., Leontsing S. “Regime Dependent Smile-Adjusted Delta-Hedging” (2011), The Journal of Futures Markets, 1 – 27

НАУЧНЫЕ КАДРЫ

Моделирование динамики численности исследователей в регионах России *

Научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) РАН,
М.А. Никонова

Аннотация. В статье проведено исследование динамики численности исследователей в регионах России (с использованием модели β-сходимости). Полученные результаты дают представление об основных тенденциях, характерных для регионов, разделенных на федеральные округа. Показано, что для регионов Центрального и Приволжского федеральных округов характерна расходимость регионов, а для регионов Северо-Западного, Южного, Уральского и Сибирского – сходимость. Проведенное исследование дает возможность выделить регионы, которые могут быть «точками роста».

Ключевые слова: экономика знаний, научный потенциал, β-сходимость, научные кадры.

Annotation. The paper studied the dynamics of the number of researchers in the regions of Russia (with the use of β-convergence model). The results give an idea about the main trends, characteristic of the region, divided into federal districts. It is shown that the regions of the Central and Volga federal districts are characterized by a divergence pf the regions, and the regions of the North-Western, Southern, Ural and Siberian – by a convergence. This study makes it possible to identify areas that may be "points of growth".

Key words: a knowledge-based economy, scientific potential, β-convergence, research personnel.

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта РГНФ №14-02-00538

Введение

В настоящее время в России все еще остро стоит проблема преемственности в науке и снижения научного потенциала, в том числе из-за спада численности персонала НИОКР и исследователей (эта проблема затрагивалась в статьях [1, 2, 3]). Снижение численности исследователей за 1995 – 2012 гг. значительно и наблюдалось практически во всех регионах (в среднем по России оно составило 28,2%). Наибольший спад отмечался в ЮФО и СЗФО (на 31,8% и 36%), наименьший – в ДФО (на 8,3%). Рост показателя отмечался всего в 18 регионах, из которых 12 можно отнести к менее наукоемким (численности исследователей в 2012 г. не превышала 1000 человек), 6 регионов с численностью исследователей более 1000 человек - Ленинградская, Нижегородская, Ульяновская, Тюменская области, Ставропольский, Пермский края. Столь неравномерное уменьшение численности исследователей нуждается в дополнительном анализе.

Отдельные публикации дают представление о причинах этих негативных тенденций (которые были рассмотрены в работах [4, 5]). Для более детальной оценки сложившихся тенденций изменения численности исследователей в регионах России проведено исследование этого показателя для всех федеральных округов (ФО) с помощью подхода, основанного на применении модели типа «сходимости-расходимости», предложенной в [6], оценки параметров которой дают достаточно полное представление о динамике исследуемых показателей научного потенциала (более подробно об использовании данной модели см. в работах [1, 2]). На основе полученных результатов выявлены сложившиеся к настоящему времени тенденции. В качестве анализируемого показателя выбрано отношение исследователей к численности занятых в регионе.

Модель β-сходимости

Модель β-сходимости, разработанная Барро и Саля-Мартином (более подробно см [3]), определяется с помощью разностного уравнения вида

$(1/T)Ln(z_{it}/z_{it-T})= \alpha -[(1-e^{-\beta T})/T]Ln(z_{it-T})+u_t$, (1)

где z_{it} – исследуемый показатель, i – номер страны (региона), t – год, T – интервал наблюдения, α и β = const, u_t – случайная переменная с нулевым математическим ожиданием, которая не коррелирована с функцией $Ln(z_{it-T})$, значение коэффициента $[(1-e^{-\beta T})/T]$ - скорость сходимости (или расходимости) стран (регионов).

При β > 0 говорят о сходимости внутри рассматриваемой группы стран (регионов), темпы роста исследуемого показателя в более бедных странах выше, чем в более богатых (т.е. наблюдается сближение стран по выбранному показателю).

При β< 0 говорят о расходимости, темпы роста более бедных стран ниже, чем более богатых (т.е. происходит увеличение разрыва между более богатыми и более бедными странами по величине исследуемого показателя).

Динамика численности исследователей к численности занятых в большинстве регионов снижалась. Это является существенной особенностью, требующей дополнительного исследования.

Анализ изменения скорости сходимости регионов России по доле исследователей в численности занятых (показатель $z_{i,t}$) был проведен отдельно для каждого ФО. Использовалась следующая модель, аналогичная модели (1):

$Ln(y_{i,t}) = a - bLn(x_{i,t-T})+u$,

$y_{i,t} = z_{i,t}/z_{i,t-T}$, $x_{i,t-T} = z_{i,t-T}$, (2)

где $z_{i,t}$ – доля исследователей в численности занятых в регионе i в год t, $z_{i,t-T}$ – этот же показатель в год (t-T), i – номер региона, t – конечный год и (t-T) – начальный год периода, a и b – постоянные параметры, u – случайная переменная с нулевым математическим ожиданием, некоррелированная с переменной $z_{i,t-T}$. Скорость сходимости характеризуется коэффициентом b, который эквивалентен коэффициенту $[(1-e^{-\beta T})/T]$ в модели (1).

В каждом ФО выделяются 3 группы регионов – с высокой, средней и низкой наукоемкостью (под наукоемкостью в данном случае понимается доля исследователей в численности занятых).

Сходимость регионов в каждом ФО исследовалась для следующих периодов:

а) 1995 – 2004 гг., 1995 – 2008 гг., 1995 – 2013 гг.

б) 2000 – 2004 гг., 2000 – 2008 гг., 2000 – 2013 гг.

Анализ доли исследователей в численности занятых в регионах по ФО

Следует учитывать, что исходные данные Росстата [7, 8] для ряда регионов нельзя признать достоверными, так как в отдельные периоды времени показатели претерпевали значительные изменения, что, по-видимому, объясняется сменой методологии. Поэтому в ряде случаев в некоторых регионах были исключены из исследования (в ЦФО – Брянская, Рязанская, Липецкая и Ивановская области, СЗФО – Архангельская, Псковская и Калининградская области, ЮФО – Ставропольский край и Астраханская область, ПФО - Республика Марий Эл, СФО - Республики Бурятия и Хакасия и Кемеровская область, ДФО - Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область и Сахалинская область). Кроме того, для некоторых регионов брались данные за 1994 г. Не рассматривались также регионы с малой численностью исследователей (до 100 человек).

Центральный федеральный округ (ЦФО)

В данном округе основное влияние на региональную динамику численности исследователей оказывает г. Москва, которая стимулирует отток трудовых ресурсов, в том числе исследователей, из соседних регионов. В ЦФО была характерна расходимость регионов по доле исследователей в численности занятых (b<0), т.е. в регионах с высокой наукоемкостью (г. Москва (логарифм доли исследователей в численности занятых в 1995г. был наибольшим, $Ln(x_{1995}) = 3,57$) и Московская область ($Ln(x_{1995}) = 2,98$)) в периоды 1995-2004, 1995-2008 и 1995 -2013 гг. происходил спад исследуемого показателя, при этом в регионах со средней наукоемкостью (например, в Смоленской (0,39) и Тамбовской (0,86) областях) и низкой наукоемкостью (например, в Костромской области (-0,59)) падение показателя было значительнее, см. рис. 1а, 1б.

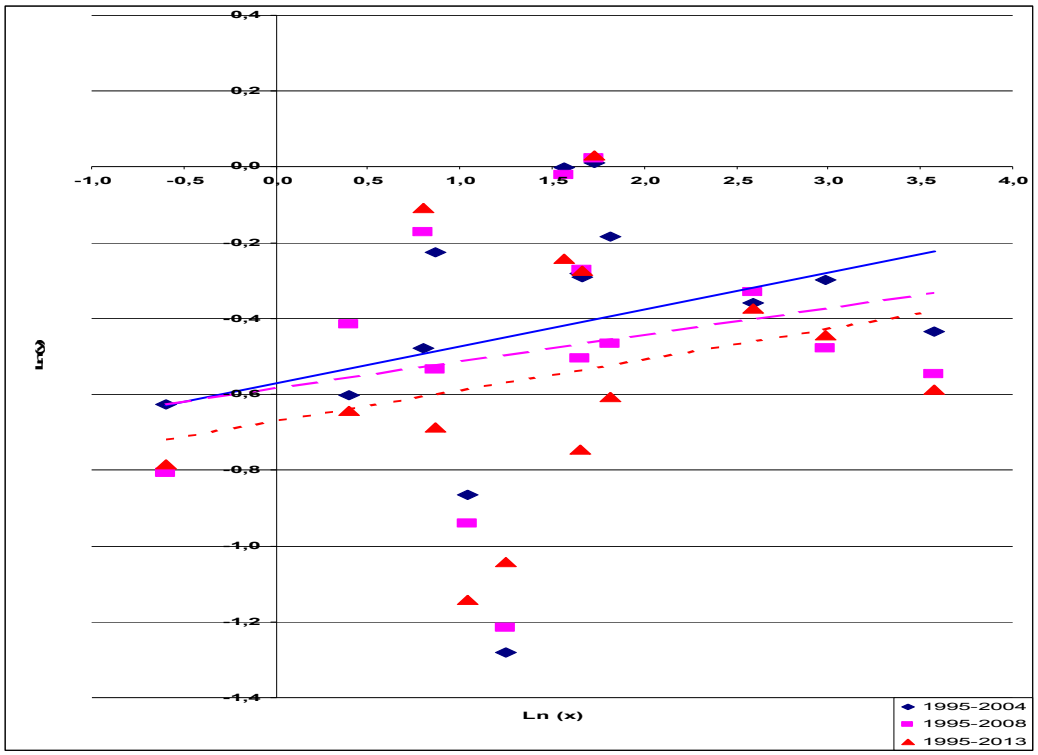


Рис. 1а. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов ЦФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 1995-2004 гг., длинный пунктир – для 1995-2008 гг., короткий пунктир – для 1995 – 2013 гг.).

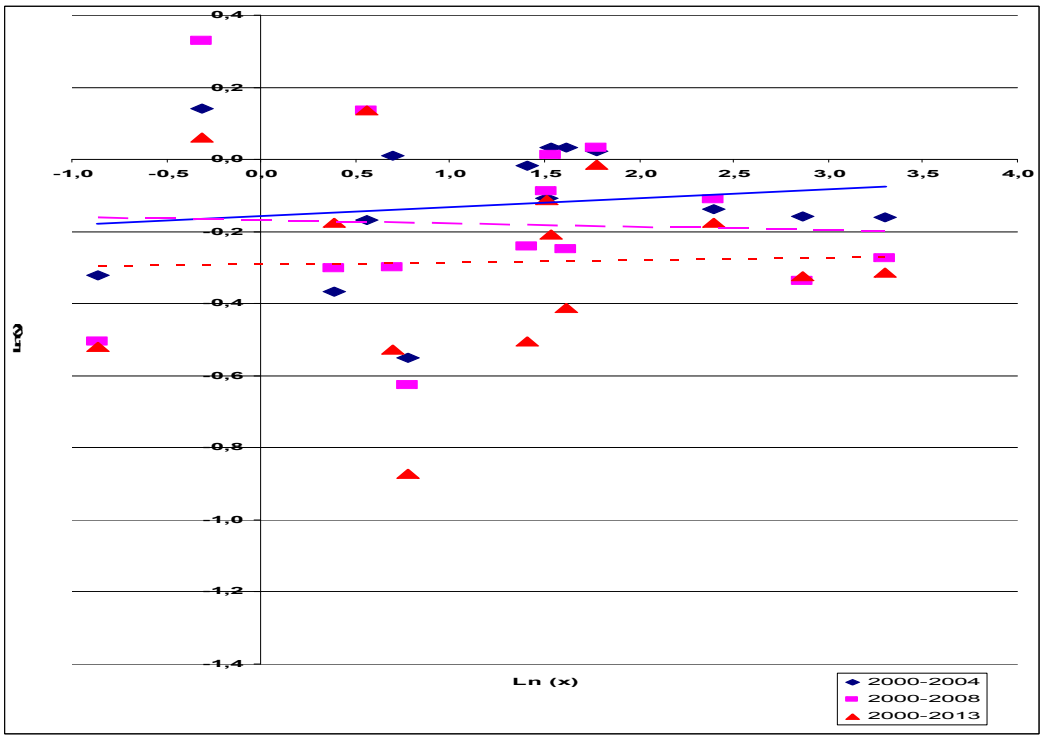


Рис. 1б. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов ЦФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 2000-2004гг., длинный пунктир – для 2000-2008 гг., короткий пунктир – для 2000 – 2013 гг.).

При этом в 2000 – 2004, 2000-2008 и 2000-2013 гг. значение коэффициента b приблизилось к нулю, что свидетельствует о снижении скорости расходимости.

Наибольшие изменения доли исследователей в численности занятых были отмечены в регионах со средней наукоемкостью. Так, можно выделить группу регионов, в которых значение показателя снижалось со временем, например, в Тамбовской области ($Ln(x_{1995})$ = 0,86) падение составило 0,46 пунктов, в Орловской (1,05) – 0,28 п., Владимирской (1,65) – 0,46 п., Тульской (1,82) – 0,42 п. В Белгородской (1,25) и Курской (0,80) областях наблюдался рост показателя на 0,24 п. и 0,37 п., соответственно. Вместе с тем можно говорить об определенных точках ростах, характеризующихся положительным значением исследуемого показателя. Так, в Воронежской области (1,73) значение показателя для всех рассматриваемых периодов было выше нуля, что свидетельствует о росте доли исследователей в численности занятых.

В таблице 1 приведены оценки параметров модели (3) для регионов ЦФО. Несмотря на низкие значения коэффициента детерминации и t-статистики приводимые оценки и рисунки дают представление о тех изменениях, которые происходили в регионах ЦФО в 1995 – 2013гг.

Таблица 1. Оценки параметров модели (2) для регионов ЦФО

	1995-2004	1995-2008	1995-2013	2000-2004	2000-2008	2000-2013
a	-0,57 (-3,50)	-0,58 (-3,54)	-0,67 (-4,14)	-0,16 (-2,01)	-0,17 (-1,58)	-0,29 (-2,56)
b	-0,10 (-1,10)	-0,07 (-0,78)	-0,08 (-0,92)	-0,03 (-0,54)	0,01 (0,15)	-0,01 (-0,09)
R^2	0,09	0,05	0,07	0,02	0,00	0,00

В скобках указаны значения t-статистики.

Северо-Западный федеральный округ (СЗФО)

Аналогично ЦФО, в данном округе также выделяется один регион с высокой наукоемкостью – Санкт-Петербург. Однако для данного ФО наблюдалась сходимость регионов для всех рассматриваемых периодов (b>0), то есть, в регионах с низкой наукоемкостью (напр., в Вологодской области ($Ln(x_{1995})$ = -0,84)) был характерен рост исследуемого показателя, а в регионах с высокой наукоемкостью (г. Санкт-Петербург (3,47)) – его снижение (см. рис. 3а, 3б).

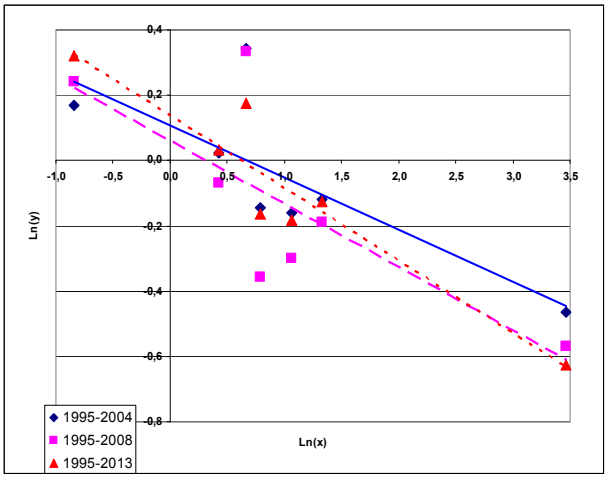


Рис. 2а. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов СЗФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 1995-2004гг., длинный пунктир – для 1995-2008 гг., короткий пунктир – для 1995-2013гг.).

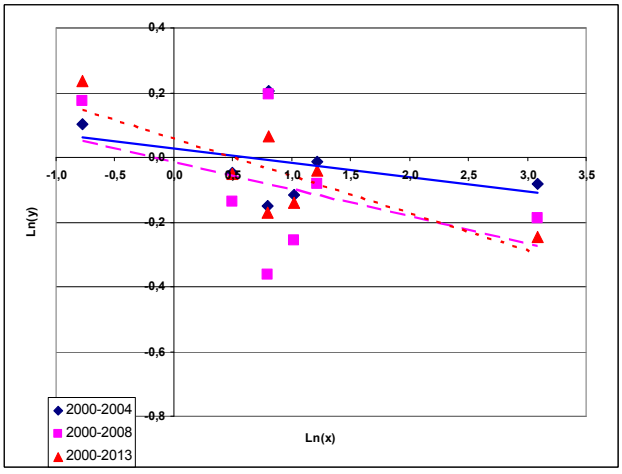


Рис. 2б. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов СЗФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 2000-2004гг., длинный пунктир – для 2000-2008 гг., короткий пунктир – для 2000-2013гг.).

К точкам роста в этом ФО можно отнести Вологодскую область – единственный регион, в котором наблюдался рост доли исследователей в численности занятых, составивший за период 1995 – 2013 гг. 0,15 п. Также можно выделить Республику Коми, в которой доля исследователей в численности занятых также не упала ниже уровня 1995 г. Однако в Республике Коми в отличие от Вологодской области происходило снижение показателя, составившее 0,17 п. в 1995 – 2013 гг.

Необходимо отметить падение значения показателя в регионах со средней наукоемкостью в 1995-2013 гг. Так, в Ленинградской области ($\ln(x_{1995})$ = -0.12) в 1995-2008 гг. уменьшение показателя объяснялось снижением численности исследователей. К 2013 г. численность исследователей выросла и падение значения показателя в целом за период 1995 – 2013 гг. составило (-0,01) п.

В Новгородской ($\ln(x_{1995})$ = -0,15) и Мурманской (-0,16) областях снижение доли исследователей в численности занятых в 1995-2008 гг. также происходило из-за снижения численности исследователей. Однако последующий рост значения показателя объяснялся уменьшением численности занятых, а не увеличением численности исследователей (в отличие от Ленинградской области). Таким образом, за период 1995 – 2013 гг. снижение показателя в Нижегородской и Мурманской областях составило (-0,02) в каждой.

Таблица 2. Оценки параметров модели (2) для регионов СЗФО

	1995-2004	1995-2008	1995-2013	2000-2004	2000-2008	2000-2013
a	0,11 (1,27)	0,06 (0,54)	0,14 (2,61)	0,03 (0,43)	-0,01 (-0,14)	0,15 (2,55)
b	0,16 (2,94)	0,19 (2,69)	0,22 (6,50)	0,04 (0,98)	0,08 (1,14)	0,25 (5,81)
R^2	0,63	0,59	0,89	0,16	0,21	0,87

В скобках указаны значения t-статистики.

Южный федеральный округ (ЮФО)

Для ЮФО (также как для СЗФО) была характерна сходимость регионов по доле исследователей в численности занятых для всех анализируемых периодов (b>0). В большинстве регионов этого ФО наблюдалось снижение показателя, причем в регионах с высокой наукоемкостью (напр., в Ростовской области ($Ln(x_{1995})$ = 1,85) падение показателя было больше, чем в регионах с низкой наукоемкостью (в Республике Адыгея (-0,36)), см. рис. 3а, б.

Среди регионов ЮФО можно выделить регионы, в которых отмечался рост значения показателя, например, в Республиках Адыгея (увеличение составило 0,05 п.), Кабардино-Балкарской (0,29 п.), Северной Осетии – Алании (0,25 п.) и Красноярском крае (0,02 п.). Однако только в Республиках Адыгея и Калмыкия значения показателя практически во всех рассматриваемых периодах было выше нуля. При этом в Республике Адыгея значение показателя росло, т.е. доля исследователей в численности занятых увеличивалась, а в Республике Калмыкия, наоборот, значение показателя падало, т.е. снижались темпы роста доли исследователей в численности занятых.

В 2000 – 2013 гг. указанные тенденции не изменились (см. рис. 3а и 3б).

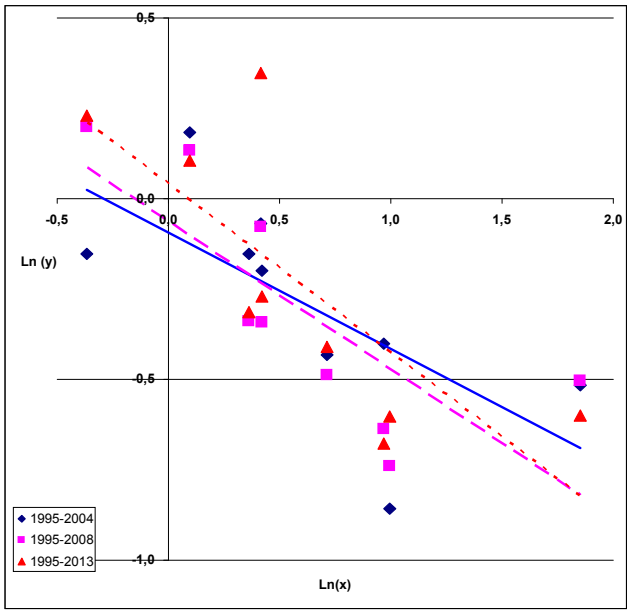


Рис. 3а. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов ЮФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 1995-2004гг., длинный пунктир – для 1995-2008 гг., короткий пунктир – для 1995-2013гг.).

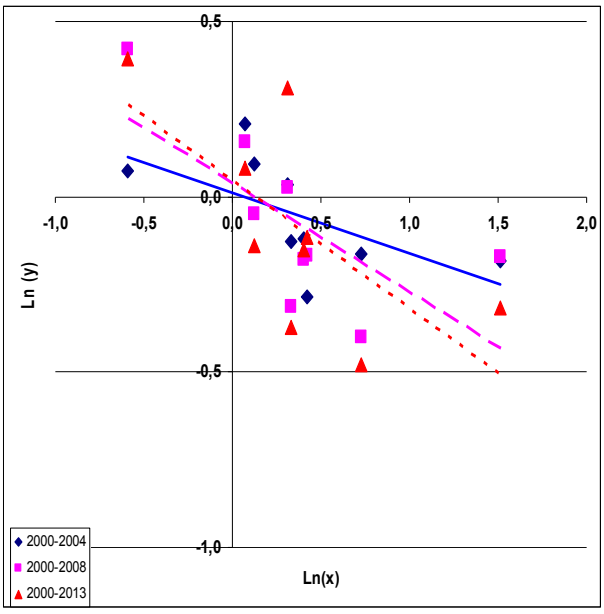


Рис. 3б. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов ЮФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 2000-2004гг., длинный пунктир – для 2000-2008 гг., короткий пунктир – для 2000-2013гг.).

Исследование показало, что в целом, с увеличением периода анализа (с 1995 – 2004гг. до 1995-2013 гг. или с 2000 – 2004 гг. до 2000 – 2013 гг.) параметр b увеличивался (с 0,32 до 0,47 и с 0,17 до 0,37, соответственно), скорость сходимости росла, т.е. доля исследователей в регионах с высокой наукоемкостью снизилась больше, чем в регионах с низкой наукоемкостью, где доля исследователей в занятом населении падала меньше или росла (см. табл. 3).

Таблица 3. Оценки параметров модели (2) для регионов ЮФО

	1995-2004	1995-2008	1995-2013	2000-2004	2000-2008	2000-2013
a	-0,09 (-0,83)	-0,06 (-0,60)	0,00 (0,02)	0,01 (0,22)	0,04 (0,52)	0,05 (0,50)
b	0,32 (2,44)	0,41 (3,30)	0,47 (3,29)	0,17 (2,04)	0,31 (2,57)	0,37 (2,49)
R^2	0,46	0,61	0,61	0,37	0,49	0,47

В скобках указаны значения t-статистики.

Приволжский федеральный округ (ПФО)

Результаты анализа регионов ПФО показали, что в данном ФО была характерна расходимость (значение параметра b<0), т.е. в регионах с высокой наукоемкостью (напр., в Нижегородской области ($Ln(x_{1995})$ = 2,10)) наблюдалось меньшее снижение показателя, чем в регионах с низкой наукоемкостью (напр., в Оренбургской (0,03), Кировской (0,26) областях и Республике Мордовия (0,53)), см. рис. 4а, 4б.

Среди регионов ПФО можно выделить регионы, где в 1995 – 2013 гг. значение показателя существенно снизилось: в Оренбургской и Саратовской областях падение составило 0,32 и 0,44 п., соответственно. В Ульяновской, Пензенской и Нижегородской областях значение показателя изменилось незначительно, что свидетельствует о сохранившемся уровне научном потенциале и позволяет выделить эти регионы в качестве возможных точек роста.

В 1995 – 2008 гг. значение коэффициент b>0, однако нельзя говорить о каких-либо тенденциях из-за низких значений коэффициента b и коэффициента детерминации, см. табл. 4.

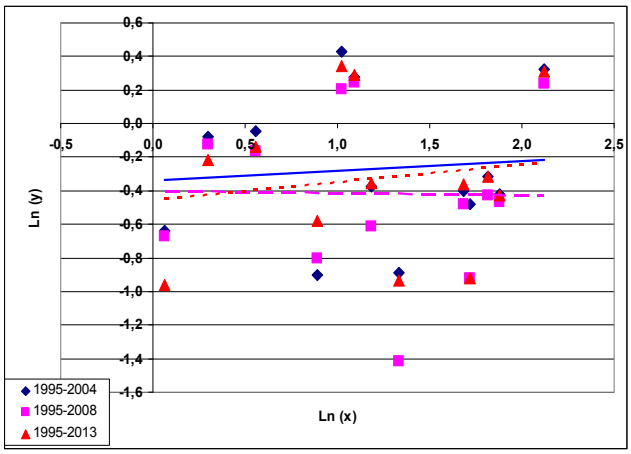


Рис. 4а. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов ПФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 1995-2004гг., длинный пунктир – для 1995-2008 гг., короткий пунктир – для 1995-2013гг.).

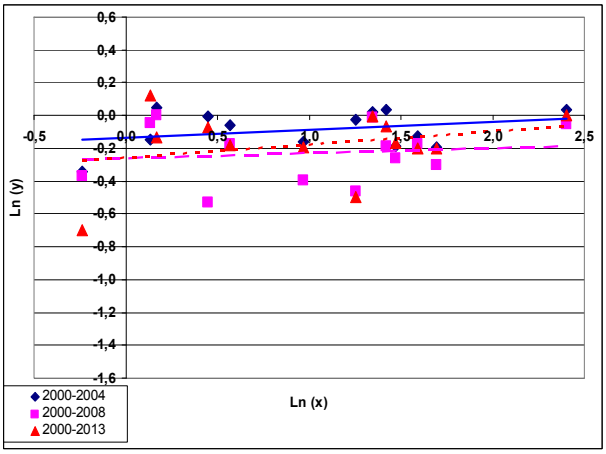


Рис. 4б. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов ПФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 2000-2004гг., длинный пунктир – для 2000-2008 гг., короткий пунктир – для 2000-2013гг.).

В 2000 – 2004, 2000 – 2008 и 2000-2013гг. тенденция слабой расходимости сохранилась (коэффициент b в 2000 – 2004 гг. составлял (-0,05), в 2000 – 2008 гг. b=-0,03, в 2000-2013гг. b=-0,08), см. табл. 4. Таким образом, можно сделать вывод, что в регионах ПФО с высокой наукоемкостью научный потенциал удалось сохранить лучше, что, возможно, говорит о более подходящих для этого условиях. Также в этом округе имеется определенная основа для сохранения и дальнейшего развития научного потенциала.

Таблица 4. Оценки параметров модели (2) для регионов ПФО

	1995-2004	1995-2008	1995-2013	2000-2004	2000-2008	2000-2013
a	-0,34 (-1,23)	-0,40 (-1,27)	-0,46 (-1,64)	-0,13 (-2,36)	-0,26 (-3,00)	-0,26 (-2,49)
b	-0,06 (-0,28)	0,01 (0,06)	-0,11 (-0,52)	-0,05 (-1,06)	-0,03 (-0,46)	-0,08 (-0,95)
R^2	0,01	0,00	0,02	0,09	0,02	0,08

В скобках указаны значения t-статистики.

Уральский федеральный округ (УФО)

Анализ показателя для регионов УФО выявил сходимость (b>0) в 1995 – 2008, 1995-2013, 2000 – 2008 и 2000-2013 гг., то есть в регионах с высокой наукоемкостью (в первую очередь, в Свердловской области, $Ln(x_{1995})$ = 1,97) наблюдалось значительное снижение показателя, в то время как в Тюменской области - регионе с низкой наукоемкостью (0,63) - происходил его рост (рис. 5а, б). В Свердловской и Курганской областях происходило одновременное снижение численности исследователей и занятых, что привело к снижению показателя в 1995-2013 гг. В Челябинской области на фоне снижающейся численности занятых наблюдалось повышение численности исследователей. Однако это повышение только замедлило темп падения показателя относительно уровня 1995 г. (см. рис. 5а).

В 1995 – 2004 и 2000 – 2004 гг. наблюдалась расходимость, но скорость расходимости была незначительна (коэффициент b был близок нулю, см. табл. 5).

Несмотря на низкие значения t-статистики и коэффициента детерминации приводимые оценки параметров модели (2) для регионов ЦФО и рис. 5а и 5б дают представление об изменениях, произошедших в регионах в 1995 – 2013 гг.

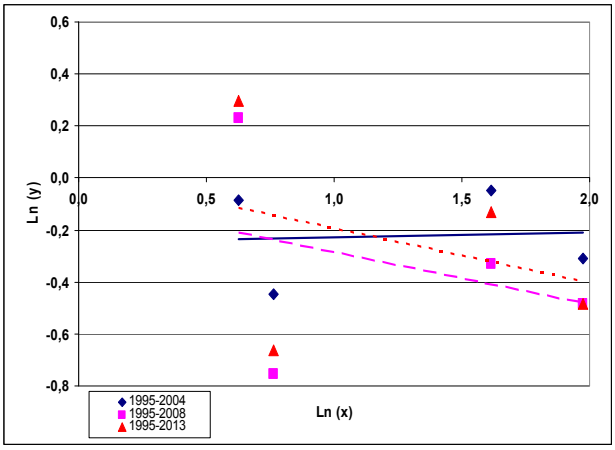


Рис. 5а. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов УФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 1995-2004гг., длинный пунктир – для 1995-2008 гг., короткий пунктир – 1995-2013 гг.).

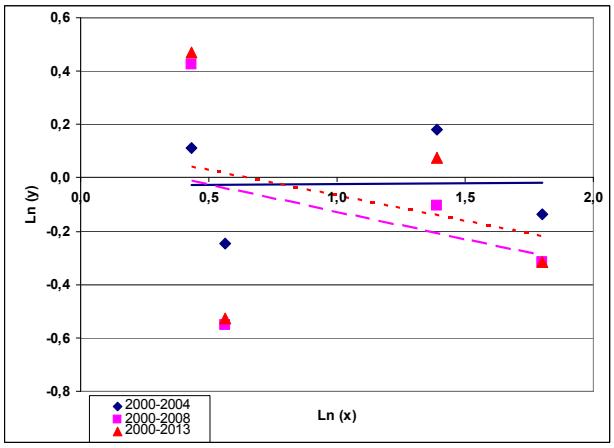


Рис. 5б. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов УФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 2000-2004гг., длинный пунктир – для 2000-2008 гг., короткий пунктир – для 2000-2013гг.).

Таблица 5. Оценки параметров модели (2) для регионов УФО

	1995-2004	1995-2008	1995-2013	2000-2004	2000-2008	2000-2013
a	-0,25 (-1,07)	-0,09 (-0,18)	-0,02 (-0,03)	-0,03 (-0,15)	0,08 (0,19)	0,13 (0,23)
b	-0,02 (-0,12)	0,19 (0,56)	0,19 (0,44)	-0,01 (-0,05)	0,19 (0,58)	0,19 (0,42)
R^2	0,01	0,10	0,09	0,00	0,10	0,08

В скобках указаны значения t-статистики.

Сибирский федеральный округ (СФО)

В СФО в целом за период 1995 – 2013 гг. была характерна сходимость регионов по исследуемому показателю (b>0): в регионах с высокой наукоемкостью наблюдалось снижение показателя (например, в Новосибирской области ($Ln(x_{1995})$ = 2,47), а в регионах с низкой наукоемкостью (в Республиках Алтай (-0,28) и Тыва (-0,06)) – его рост (рис. 6а, 6б).

Наибольшее падение показателя наблюдалось в Забайкальском крае (за период 1995-2013гг. оно составило (-0,76) п.), в Омской (-0,61) п.) и Новосибирской ((-0,30) п.) областях. При этом в Забайкальском крае на фоне снижающейся численности занятых падение численности исследователей было больше. В Омской и Новосибирской областях уменьшение численности исследователей сопровождалось ростом численности занятых. В регионах, где был отмечен рост показателя в 1995 – 2013 гг., численность занятых уменьшалась, а численность исследователей росла (например, в Алтайском крае ($Ln(x_{1995})$ = 0,42), Иркутской области (1,15)), что может быть объяснено высоким уровнем заработной платы научных сотрудников относительно средней заработной платы в регионе, например, в 2013 г. превышение заработной платы научных сотрудников над средней заработной платой в регионе составило 54% для Алтайского края и 50% для Иркутской области.

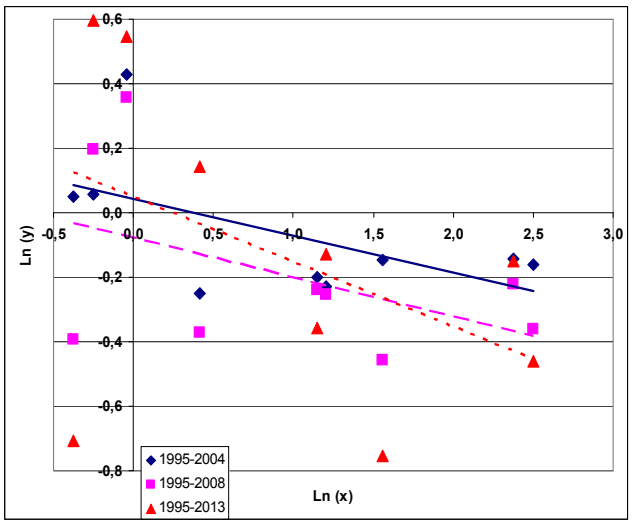


Рис. 6а. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов СФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 1995-2004гг., длинный пунктир – для 1995-2008 гг., короткий пунктир – для 1995-2013гг.).

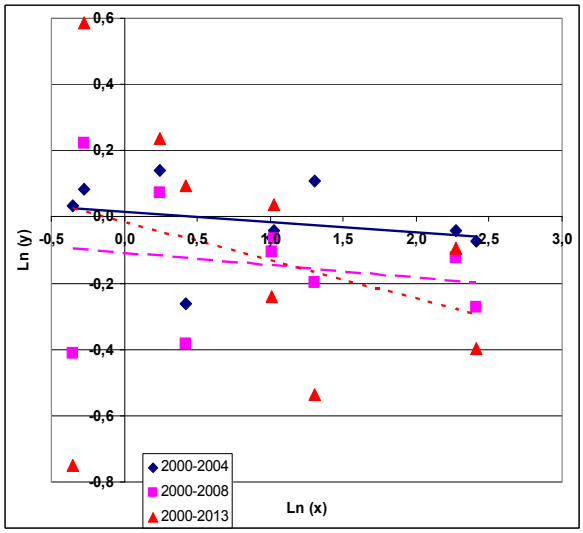


Рис. 6б. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов СФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 2000-2004гг., длинный пунктир – для 2000-2008 гг., короткий пунктир – 2000-2013гг.).

В периоды 2000-2004 и 2000 – 2008 гг. значение параметра b было близко к нулю (0,03 и 0,04, соответственно), что свидетельствует о снижении скорости сходимости. Однако в 2000 – 2013 гг. скорость сходимости увеличилась (значение коэффициента b составило 0,12), т.е. можно говорить о продолжающемся спаде доли исследователей в численности занятых в регионах с высокой наукоемкостью СФО. В таблице 6 приведены оценки параметров модели (2) для регионов СФО.

Таблица 6. Оценки параметров модели (2) для регионов СФО

	1995-2004	1995-2008	1995-2013	2000-2004	2000-2008	2000-2013
a	0,04 (0,57)	-0,08 (-0,60)	0,04 (0,21)	0,01 (0,25)	-0,11 (-1,08)	-0,02 (-0,08)
b	0,11 (1,85)	0,12 (1,39)	0,20 (1,31)	0,03 (0,68)	0,04 (0,48)	0,12 (0,77)
R^2	0,33	0,22	0,20	0,06	0,03	0,08

В скобках указаны значения t-статистики.

Дальневосточный федеральный округ (ДФО)

Результаты анализа сходимости регионов ДФО показали, что в данном округе в 1995 – 2004, 1995 – 2008, 1995 – 2013 и 2000 - 2013 гг. была характерна сходимость (b>0), то есть в регионах с высокой наукоемкостью (напр., в Приморском крае ($Ln(x_{1995})$=1,24), Республике Саха (Якутия) (1,00)) отмечалось снижение значения показателя, а в регионах с низкой наукоемкостью значение показателя практически не изменилось (напр., в Амурской области (-0,60)), см. рис. 7а.

В 2000 – 2004 и 2000 – 2008 гг. в регионах ДФО наблюдалась незначительная сходимость (т.е. в регионах с высокой наукоемкостью отмечалось снижение показателя, а в регионах с низкой наукоемкостью – незначительный рост). Значения t-статистики и коэффициента детерминации в эти периоды невелики, поэтому можно говорить только о тенденции.

Среди регионов ДФО можно выделить Камчатский край, где значение показателя превышало ноль во все рассматриваемые периоды, т.е. доля исследователей в численности занятых не упала ниже уровня 1995 г. (для периодов 1995 – 2004, 1995 – 2008 или 1995 – 2013 гг.) или ниже уровня 2000 г. (для периодов 2000 – 2004, 2000 – 2008 и2000 – 2013гг.).

В таблице 7 приведены оценки параметров модели (2) для регионов ДФО.

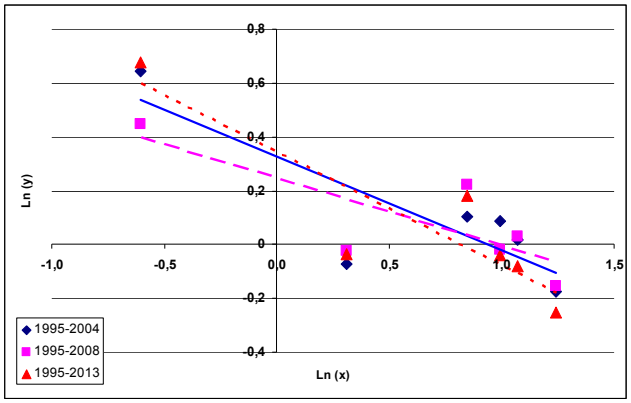


Рис. 7а. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов ДФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 1995-2004гг., длинный пунктир – для 1995-2008 гг., короткий пунктир – для 1995-2013гг.).

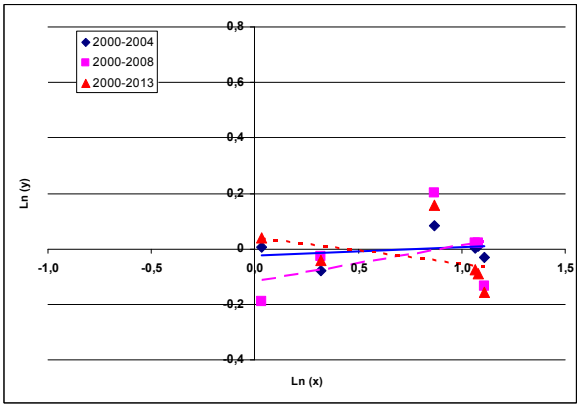


Рис. 7б. Зависимости $Ln(y_{i,t})$ от $Ln(x_{i,t-T})$ для регионов ДФО; точки – фактические значения, прямые – регрессионные зависимости (сплошная прямая – для 2000-2004гг., длинный пунктир – для 2000-2008 гг., короткий пунктир – для 2000-2013гг.).

Таблица 7. Оценки параметров модели (2) для регионов ДФО

	1995-2004	1995-2008	1995-2013	2000-2004	2000-2008	2000-2013
a	0,33 (3,19)	0,25 (2,87)	0,34 (3,50)	-0,02 (-0,50)	-0,11 (-0,99)	0,04 (0,45)
b	0,35 (3,07)	0,25 (2,64)	0,42 (3,84)	-0,03 (-0,56)	-0,13 (-0,96)	0,10 (0,85)
R^2	0,70	0,64	0,79	0,07	0,19	0,15

В скобках указаны значения t-статистики.

Отдельно необходимо выделить ПФО и ЦФО, где наблюдалась расходимость регионов. Так, в ПФО в регионах с высокой наукоемкостью наблюдался меньший спад показателя, чем в регионах с низкой наукоемкостью, или его рост (например, в Нижегородской области); положительное значение показателя в Пермском крае и Ульяновской области в 1995 – 2004, 1995 – 2008 и 1995 – 2013 гг. относительно уровня 1995 г. свидетельствует об увеличении доли исследователей в занятом населении в эти периоды времени. Это позволяет предположить, что в регионах ПФО удалось больше сохранить научный потенциал в части регионов с высокой и средней наукоемкостью.

В ЦФО также наблюдалась расходимость. Однако в данном случае расходимость в 1995 – 2013 гг. характеризовалась падением доли исследователей в занятых во всех регионах (кроме Воронежской области), т.е. большим спадом показателя в регионах с низкой наукоемкостью и его меньшим снижением в регионах с высокой наукоемкостью.

В таблице 8 представлены регионы, где наблюдался рост отношения доли исследователей в численности занятых в конечном году указанного периода времени относительно начального года периода, а также справочно дана численность исследователей в регионе в 2013 г. По-видимому, можно ожидать, что наиболее крупные регионы, такие как Воронежская, Нижегородская, Ульяновская, Тюменская области, Республика Коми, Пермский край при правильно выбранной научно-технической политике смогут стать своего рода точками роста российского научного потенциала.

Таблица 8. Регионы РФ, где был отмечен рост доли исследователей в численности занятых в 1995-2004, 1995-2008, 1995-2013, 2000-2004, 2000-2008, 2000-2013 гг.

	1995-2013	В том числе		2000-2013	В том числе		Численность исследователей в 2013 г.
		1995-2008	В т.ч. 1995-2004		2000-2008	В т.ч. 2000-2004	
ЦФО							
Воронежская область	+	+	+		+	+	6116
СЗФО							
Республика Коми	+	+	+	+	+	+	1059
Вологодская область	+	+	+	+	+	+	337
ЮФО							
Республика Адыгея	+	+		+	+	+	124
Республика Калмыкия	+	+	+	+	+	+	131
Кабардино-Балкарская Республика	+			+	+	+	572
ПФО							
Пермский край	+	+	+			+	4959
Нижегородская область	+	+	+			+	18667
Ульяновская область	+	+	+			+	2303
УФО							
Тюменская область	+	+		+	+	+	4870
СФО							
Республика Алтай	+	+	+	+	+	+	122
Республика Тыва	+	+	+	+	+	+	167
ДФО							
Амурская область	+	+	+	+		+	693
Магаданская область		+	+		+	+	234
Камчатский край	+	+	+	+	+	+	520

Заключение

Полученные результаты дают представление об изменении научного потенциала в регионах России. Модель β-сходимости, использованная в данном исследовании для анализа динамики численности исследователей в регионах России, позволяет выявить две основные негативные тенденции: значительное снижение доли исследователей в двух столицах, в некоторых наиболее крупных регионах России (например, в Свердловской и Ростовской областях), в прилегающих к Московской области регионах, а также во многих регионах СЗФО, ЮФО и СФО. В то же время можно говорить о возможном улучшении ситуации в ПФО и ряде регионов ДФО, где наблюдалось меньшее снижение доли исследователей в численности занятых или небольшой рост показателя относительно уровня 1995 г.

В результате проведенного исследования выделены регионы, которые можно назвать «точками роста» российского научного потенциала при правильно выбранной научно-технической политике (Воронежская, Нижегородская, Ульяновская, Тюменская области, Республика Коми, Пермский край).

Литература

1. Варшавский Л.Е., Дубинина М.Г., .Петрова И.Л. Динамика численности и структуры научных кадров науки в России и ее регионах. «Концепции», 2005, №2(16).
2. Кочеткова Е.В. Анализ приоритетных направлений и показателей инновационного развития с использованием межстрановых сопоставлений. // Математика. Компьютер. Образование: Сб. научн. трудов. Выпуск 20. Том 2 / Анализ и моделирование экономических и социальных процессов. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013
3. Комкина Т.А., Кобякова И.А. Человеческий капитал в России при переходе к экономике, основанной на знаниях/ Сборник международной научной конференции «Образование, наука и экономика в вузах. Интеграция в международное образовательное пространство». Москва, Изд-во РУДН- 2004.
4. Варшавский А.Е., Никонова М.А. Анализ региональных особенностей динамики численности исследователей. Вестник Университета № 2/2010.
5. Никонова М.А. Анализ динамики численности исследователей. Региональный аспект.. Сб. трудов XVIII международной конференции «Математика. Компьютер. Образование» 2011
6. Barro R., Sala-Martin Y. Economic Growth. McGraw-Hall, N.Y., 1995.
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2001.
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009.

Эволюция валютного курса российского рубля (1992-2015 гг.)*

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, доктор экономических наук, профессор В.П. Семенов
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, доктор экономических наук, профессор Ю.П.Соловьев
Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, кандидат экономических наук, ст. преподаватель Е.В. Горшкова

Аннотация. В статье рассматриваются факторы, влияющие на формирование валютного курса рубля. Исследуется валютная политика монетарных властей в последние 25 лет. Даются прогнозы валютного курса рубля.

Ключевые слова: валютный курс рубля, инфляция, центральный банк.

Annotation. The article examines the factors affecting the formation of the exchange rate of the ruble. We study the monetary policy of the monetary authorities in the last 25 years. In the study the authors give a forecast of the ruble exchange rate.

Key words: the exchange rate of the ruble, inflation, the central bank.

* Статья подготовлена по результатам исследования, проведённого при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 14-06-00220/14

За почти четвертьвековую историю становления и развития рыночной экономики в России не было и до сих пор нет обоснованного алгоритма формирования валютного курса, адекватного экономическому состоянию страны. Курс рубля относительно мировых резервных валют, управляемый российским менеджментом, всегда носил признаки волюнтаризма и устанавливался без должного учета темпов рублёвой инфляции. В конечном счете это приводило к жестким валютно-финансовым кризисам (1998, 2008, 2014 гг.).

Главной экономической проблемой России сегодняшнего дня является падение мировых цен на нефть и падение курса рубля к доллару и евро. Высокая корреляция между двумя этими «падениями» для страны с сырьевой ориентацией экономики – очевидна. Но ведь не только снижение цен на нефть определяет снижение рублевого курса. Что-то не слышно о стремительном падении валют Саудовской Аравии, ОАЭ или Кувейта. Потеряли к доллару индийская рупия, австралийский доллар, аргентинское песо и валюты других «сырьевых» стран. Но масштабы потерь несопоставимы с потерями рубля. Наверное, не только нефтяные цены «рулят» курсом российской валюты. Причиной ослабления рубля стали и такие факторы, как спад темпов роста российского ВВП, отток капитала из страны, достаточно высокая инфляция.

В данной работе мы указываем еще на одну причину, благодаря которой в кризисные моменты курс рубля по отношению к мировым резервным валютам начинает стремительно снижаться и пытаемся прогнозировать предел этого падения. Речь идет об одном из фундаментальных принципов экономики – паритете покупательной способности валют (ППС). Суть его проста: при отсутствии торговых барьеров цены на аналогичные товары в разных странах (с поправкой на валютный курс) должны совпадать. В применении к международным рынкам ППС означает, что если на рынках нет препятствий деятельности перекупщиков, то доллар, к примеру, должен обладать одинаковой покупательной способностью во всех странах. Если на доллар в США можно приобрести больше какого-то товара, чем за границей, то существует возможность извлекать прибыль, закупая товар внутри страны и продавая его за рубежом. Ищущий прибыли бизнес своими действиями повысит внутреннюю цену американского товара до уровня, соответствующего мировому. И наоборот, если за рубежом на доллар можно приобрести больше этого товара, чем в США, то перекупщики будут закупать товар за рубежом и продавать его на внутреамериканском рынке, снижая цену

внутреннего рынка до уровня мировой цены. Таким образом, действия международных спекулянтов ведут к равенству цен на продукт в различных странах.

Концепцию ППС можно интерпретировать с помощью модели реального обменного курса. Номинальный обменный курс американского доллара и российского рубля составляет 66 RUR/USD, это означает, что на валютном рынке вы можете обменять 1 доллар на 66 рублей. Когда люди говорят о курсе между валютами двух стран, они, как правило, имеют ввиду номинальный обменный курс. Реальный обменный курс – это относительная цена товаров, произведенных в двух странах. Его иногда называют «условиями торговли». Предположим, что американская машина стоит $18180, а цена автомобиля, произведенного ВАЗ, составляет 300000 руб. Для сравнения цен обеих машин их нужно выразить в одной валюте. Если доллар стоит 66 руб., то цена американской машины ≈ 1200000 руб. другими словами, при данных ценах мы можем 4 автомобиля, выпущенных на ВАЗе, обменять на одну американскую машину. Реальный обменный курс – относительная цена товаров, произведенных в двух странах, зависит от номинального курса валют и цен товаров в национальных валютах:

$$K_{real} = \frac{1}{K_{nom}} \cdot (N_{in} / N_{out}), \quad (1)$$

где K_{real} и K_{nom} соответственно реальный и номинальный валютные курсы, а N_{in} и N_{out} - внутренние и внешние цены на товары.

Из (1) следует: если K_{real} высок, иностранные товары относительно дешевы, а товары, произведенные в своей стране, относительно дороги. Если же K_{real} - низкий, иностранные товары относительно дороги, а товары, произведенные в своей стране, относительно дешевы.

Быстрота действий международных перекупщиков свидетельствует о том, что чистый экспорт (разность между экспортом и импортом) весьма чувствителен к малейшим изменениям реального обменного курса. Небольшое уменьшение цены отечественных товаров по отношению к цене иностранных товаров или, другими словами, незначительное снижение K_{real}, заставляет международных спекулянтов закупать товары, произведенные в собственной стране и продавать их за рубежом. Аналогично, небольшое увеличение относительной цены товаров отечественного производства (небольшой рост K_{real}) стимулирует перекупщиков импортировать товары из-за рубежа. Таким образом, кривая чистого экспорта становится очень пологой при уровне реального обменного курса, который выравнивает покупательную способность валюты в разных странах: любое незначительное изменение K_{real} ведет к значительным изменениям чистого экспорта.

Эта поразительная эластичность чистого экспорта обеспечивает близость равновесного реального обменного курса к уровню, колеблющемуся вблизи ППС валют. Отсюда следует важнейший вывод: так как K_{real} почти фиксирован на уровне, диктуемом ППС, то все изменения номинального обменного курса происходят из-за изменений уровней цен. Т.е. имеет место соотношение, характеризующее временную эволюцию номинального курса национальной валюты (например российской) по отношению к валюте страны-сравнения (например США) при условии, что рубль и доллар связаны паритетом покупательной способности:

$$K_n = K_0(1 + h_{p\$})^n, \quad (2)$$

где K_n - паритетное значение курса (руб./долл.) по прошествии n периодов (месяцев, кварталов, лет…); K_0 - паритетное значение валютного курса в начальный момент; $h_{p\$} = (h_2 - h_1)/(1 + h_1)$; h_2, h_1 - средние за период ставки инфляции (темпы инфляции) соответственно в России и США [1].

Хотя концепция ППС и не обеспечивает точного описания экономических реалий, она раскрывает причины, из которых следует, что колебания реального обменного курса будут ограниченными. Сама идея совершенно ясна: чем сильнее реальный обменный курс отклоняется от уровня паритета, тем больше у частных и юридических лиц стимулов заняться перепродажей на международной арене.

Последовательным сторонником концепции ППС был выдающийся шведский экономист Г. Кассель, который даже предлагал Лиге Наций использовать ППС в качестве опорного пункта международной валютной политики [2].

В экономически развитых странах обменные курсы – это котировки валют к американскому доллару и другим резервным валютам, которые круглосуточно формируются на международном валютном рынке FOREX (Foreign Exchange

Market). В силу открытости их экономик реальный курс там колеблется рядом с паритетом.

В развивающихся странах он зачастую в три, четыре и более раза ниже паритета. В России 1992-94 гг. реальный курс также достигал четырехкратного занижения, что свидетельствовало об ограниченности его использования для расчетов в сфере внешнеэкономической и финансовой деятельности [3]. Но об этом подробнее. Как следует из формулы (1), реальный обменный курс между двумя странами (скажем между Россией и США) рассчитывается на основе показателей номинального обменного курса и уровней цен в этих странах. В России – рыночная экономика и поэтому управлять ценами, складывающимися внутри экономики, задача для правительства – практически невыполнимая. Тем более, не выполнима задача управления ценами, формирующимися в американской экономике. Следовательно, влиять на уровень реального валютного курса можно только одним способом, а именно: манипулируя значениями номинального обменного курса. И в этом ЦБ и правительство РФ преуспевали. Конечно, их можно было понять в 1992-93 гг., когда цены в стране росли с фантастической скоростью и поддерживать $K = K_{пот}$ - курс рубля к доллару на уровне паритета было невозможно, хотя где-то в апреле 1993 г. первоначально заниженный (январь 1992 г.) курс RUR/USD перешел равновесное (паритетное) значение и началось все увеличивающееся его отставание от уровня паритета, которое завершилось финансовой трагедией августа-сентября 1998 г.

Стабилизация обменного курса национальной валюты – мечта любой страны. Признание валюты страны на мировом валютном рынке, ее свободная котировка и беспрепятственный обмен на другие валюты – индикатор вхождения страны в мировое экономическое сообщество. А уже если котировка национальной валюты обладает достаточной устойчивостью, то это воспринимается как показатель сбалансированности экономической ситуации в государстве. Этим объясняется то внимание, которое уделялось российскими реформаторами вопросу о курсе доллара США на валютном рынке России. В основу всех расчетов был положен рыночный курс. При этом возможности воздействия на его динамику изначально связывались не столько с контролем над эмиссией национальной валюты и паритетом ее покупательной способности, сколько с возможностью управления процессом купли-продажи на валютных биржах.

В 90-е гг. было официально объявлено о введении рыночного курса рубля по отношению к СКВ, свободном обмене рублей на СКВ для юридических и физических лиц и превращении рыночного курса рубля в официальный курс в расчетах по всем видам сделок. Однако признание ЦБ РФ рыночного курса рубля в качестве официального происходило в условиях отсутствия развитого рынка. Такие фундаментальные курсообразующие факторы, как динамика цен на внутреннем рынке и изменение ППС национальной валюты, денежная эмиссия, сальдо платежного и торгового баланса, отступили в тень. А на первый план вошли относительно поверхностные факторы: объем выставленной на торги валюты, количество участников торгов, мнение ЦБ о целесообразности валютной интервенции на торгах. В результате этого рыночный курс рубля в российской экономике с первых шагов гайдаровских реформ не являлся сколь-нибудь надежным индикатором состояния денежной системы государства. Правительство манипулировало курсом рубля в зависимости от пристрастия к тем или иным целям провозглашенного экономического курса [4].

Например, в 1993 г. в правительстве РФ сложилось оригинальное понимание устойчивости национальной валюты. Оно трактовалось как стабилизация обменного курса рубля, а не как стабилизация покупательской способности рубля на внутреннем рынке. Исходя из этой идеи ЦБ РФ под давлением правительства в течение нескольких месяцев 1993 г. осуществлял крупные валютные интервенции на валютных торгах, завышая предложение доллара и сбивая его курс. В результате в июле-декабре 1993 г. индекс инфляции резко разошелся с индексом валютных котировок и Россия за несколько месяцев из одной из самых дешевых стран цивилизованного мира превратилась в одну из самых дорогих. По дороговизне Москва вышла на третье место в мире (после Токио и Осаки). Засилье импорта стало всеобъемлющим. На национальном производителе был поставлен крест. Результатом борьбы с долларом в 1993 г. стали показатели: цены подскочили более чем в семь раз по отношению к концу декабря 1992 г., а курс доллара за этот период вырос лишь в два с половиной раза. В начале 1994 г. Доллару была дана «передышка». Первый квартал курс менялся почти синхронно темпу инфляции. Но затем последовала вторая атака. С каждыми торгами увеличивался разрыв между скоростью

роста цен и приростом курсовой котировки доллара к рублю. Результатом такой стратегии ЦБ стало то, что уже к началу августа 1994 г. Доллар опять существенно подешевел. Инфляция по отношению к декабрю составила 191%, а доллар «вырос» только на 65%. А потом был «черный вторник», когда в течение часа курс RUR/USD вырос более чем на 30%, почти дотянув до равновесного (паритетного) значения, а затем через двое суток своим распоряжением Президент РФ вернул его к старой котировке («красный четверг»).

Третье, наиболее сокрушительное наступление на доллар было совершено в 1995 г. Сценарий уже опробованный: первый квартал – темп инфляции и котировка доллара на ММВБ идут синхронно, но, начиная с апреля, их пути расходятся. Итог 1995 г. Стал удручающим, впрочем, как и итоги двух предыдущих лет. Цены в 1995 г. выросли в 2,3 раза, а курс доллара поднялся менее чем на треть.

Таким образом, мы видим три года борьбы ЦБ и правительства, но не с инфляцией, а с долларом, мировым лидером на валютном рынке! В чем же состояло истинное содержание этой битвы? Отвечая на этот вопрос, следует вспомнить, что валютный рынок РФ создавался для «внутреннего потребления». Структура его в 90-е гг. отличалась непритязательностью: один крупный монопольный продавец и покупатель (ЦБ РФ) и внимательно отобранная (в основном тем же ЦБ) группа «системообразующих» банков и организаций.

На таком рынке предложение товара (валюты) контролируется, спрос прогнозируется и фактически еще до открытия торгов становится известен ЦБ. Спланированные объемы валютных интервенций позволяют установить стоимость доллара в рублях. Но почему такую, столь далеко оторванную от ППС? Трудно не поверить, что действия ЦБ, направленные на занижение курса доллара, носили целевой характер. Всплески спроса на валюту мгновенно гасились выбросом долларов из государственных валютных резервов. ЦБ раздавал валюту коммерческим банкам, скупая дешевеющие инфляционные рубли за самую твердую в мире валюту. Происходила перекачка валютного запаса страны в хранилища коммерческих банков. Простейший расчет. Цены в 1995 г. выросли в 2,3 раза, а доллар подорожал только на 30%. Это означает, что купив за доллары товар в январе, продав его в конце декабря за рубли и снова купив на них долларов, торговый посредник станет богаче в 2,3:1,3=1,77 раза. И это в долларовом эквиваленте. Т.е. доходность операции – 77% годовых в USD! Это был один из каналов оскудения государства. Оно с перебоями платило пенсии, задерживало зарплаты, не могло достойно содержать армию и правоохранительные органы, т.е. выполнять функции, ради которых оно и существует. Казна пуста, а деньги у коммерческих банков.

Любое государство вправе объявить любой обменный курс национальной валюты. Если есть достаточные золотовалютные запасы, оно может относительно долго его поддерживать. Но зачем? Если курс национальной валюты занижен, то экспортный сектор имеет экономические преференции, страна зарабатывает твердую валюту, погашает долги, инвестирует в национальную экономику. При завышенном курсе национальной валюты преимущество получает импорт, экспортеры несут убытки, становятся неконкурентоспособными не только на внешнем, но и на внутреннем рынке. В России 1992-95 гг. разрыв между действующим обменным курсом и курсом, рассчитанным на основе ППС, был наибольшим среди всех стран с переходной экономикой [4].

К началу 1996 г. адекватность политики «сильного рубля» становится все более сомнительной. Как при такой стратегии формирования валютного курса можно положительно влиять на создание экспортного сектора, на обеспечение хотя бы равных конкурентных условий для национальных производителей и импортеров на внутрироссийском рынке? А проблема интеграции России в мировой рынок? Валютная политика собственного правительства толкала Россию в разряд не просто стран-поставщиков сырья, а в сообщество фактически монопродуктовых мировых экспортеров (Бразилия – кофе, Россия – нефть, природный газ). Все остальное при политике «сильного рубля» становилось невыгодным. Установленный в 1996 г. «валютный коридор» по сути дела, свидетельствовал о том, что правительство рассматривало свою политику валютного курса как стратегическую. И дело даже не в том, что необходимость «коридора» была далеко не очевидна, важно то, на каком уровне обменного курса он устанавливается и поддерживается. Раз уж государство убедилось в возможности господствовать на своем валютном рынке, оно должно извлечь из этого максимальную выгоду. Исходя из нормального экономического интереса страны, стремящейся к рыночной трансформации и интеграции в мировую экономику, «валютный коридор» должен проходить по «верхней планке», т.е. нарочито занижать курс национальной валюты, а

планку можно установить на уровне паритетного значения российской валюты. причем курс рубля по ППС должен быть рассчитан с учетом накопленной за пять лет (1992-96 гг.) инфляции. Это создает преимущества товаропроизводителям, зарабатывающим иностранную валюту, развивающим экспортные возможности страны и позволяет производителям, работающим на внутрироссийском рынке, конкурировать с импортерами. Т.е. государство проводит чисто техническую операцию: оно резко девальвирует свою национальную валюту и устанавливает на высоком, но контролируемом уровне валютный «коридор». Такая акция имеет совершенно определенный экономический смысл. Об этом, но в приложении к событиям, происходящим на российском валютном рынке уже в декабре 2014 г., писал в газете «ЗАВТРА» С. Глазьев.

Конечно, валютная политика в отношении курса рубля, проводимая российским менеджментом в 90-е годы прошлого века, носила признаки волюнтаризма и не учитывала должным образом темпов рублевой инфляции. Однако существовал один фактор, ограничивающий ЦБ РФ и правительству возможности импровизаций на российском валютном рынке. Этот фактор – мировые цены на нефть. Нефть, - пожалуй, единственный в мире товар, который при совершении международных сделок в данный момент времени, везде продается и покупается по одной и той же цене. И цена устанавливается в долларах США.

Если Россия продает нефть, скажем Польше и Латвии, то цена, которую эти страны заплатят за баррель нефти будет одинакова – одно и то же количество долларов США. Т.е. цена российской нефти для всего остального мира выражается одним и тем же количеством долларов за баррель. А это есть ни что иное, как искусственно установленный на сырьевом рынке паритет покупательной способности по монопродукту – нефти. Пусть $V \cdot N_{in}; V \cdot N_{out}$ – количества заработанных денег от продажи объема нефти V на российском и зарубежном рынках. Здесь $N_{in} = N_{in(неф)}; N_{out} = N_{out(неф)}$ - цена барреля нефти соответственно в рублях и долларах. Тогда: $V \cdot N_{in(неф)} = \widetilde{K} \cdot V \cdot N_{out(неф)}$, где $\widetilde{K}$ – номинальный обменный курс (RUR/USD), сформированный в соответствии с паритетом на нефтяном рынке. Откуда

$$\widetilde{K} = \widetilde{K}_{(неф)} = N_{in(неф)} / N_{out(неф)}, \qquad (3)$$

То же самое получается из (1), если положить $\widetilde{K}_{real} = 1$. В полном согласии с ППС. Поскольку основным и практически единственным источником поступления в Россию валюты является сырьевой экспорт, то ЦБ и правительство РФ при формировании курса (RUR/USD) вынуждены были, пусть и с отклонениями, придерживаться соотношения $\widetilde{K} = N_{in(неф)} / N_{out(неф)}$.

Однако паритет, имеющий место на сырьевых рынках, не означает наличия паритета на потребительских ранках. Другими словами, курс руб./долл., если б он устанавливался на основе информации об инфляции на потребительских рынках РФ и США (формула (2)) не совпадет с валютным курсом RUR/USD, формируемым ЦБ РФ на базе российских валютных торгов. Поскольку до 1997 г. мировые цены на нефть по отношению к внутрироссийским росли значительно медленнее, чем цены на российском потребительском рынке, это позволяло ЦБ поддерживать валютный курс на значениях значительно ниже паритетных: $\widetilde{K} < K$ и даже увеличивать разницу $(K - \widetilde{K})$, что, по мнению ЦБ РФ, снижало инфляционные ожидания. Иное дело, если цены на нефть снижаются. Дело в том, что числитель в (3) $N_{in(неф)}$ – внутрироссийские цены на нефть – это параметр, значения которого могут меняться в очень узком интервале. Снизу, он ограничен себестоимостью добычи. Сверху, довольно жестко контролируется правительством. Нефть – это стратегический для сраны товар и повышение цен на него провоцирует рост инфляции во всей экономике. Таким образом, при слабо меняющемся числителе в (3) уменьшение знаменателя $N_{out(неф)}$ – снижение мировых цен на нефть – ведет к росту обменного курса $\widetilde{K}$ И устанавливаемый ЦБ РФ курс российской валюты становится заложником нефтяных цен, номинируемых в долларах США. В самом деле, если положить $N_{in(неф)}$=3750 руб. – это примерная стоимость барреля российской нефти марки urals на внутреннем рынке, то получим соотношение

$$\widetilde{K} = 3750 / N_{out(неф)}, \qquad (4)$$

Сравнивая, получаемые по формуле (4) значения $\widetilde{K}$ (курсы рубля по отношению к

доллару) в зависимости от мировых цен на нефть (долл./баррель), с официальной статистикой ЦБ РФ на указанные даты, можно отметить очень хорошую точность (4) и соответственно (3).

Однако вернемся в 90-е гг. прошлого века. Начиная с 1997 г. мировые цены на нефть начали стремительно снижаться, достигнув к началу 1998 г. рекордно низкой отметки 11 долл./баррель, что поставило нефтеэкспортеров на граны убыточности, ибо внутренние цены сравнялись с мировыми. Начавшиеся быстрое ухудшение торгового и платежного баланса страны имело для Минфина и ЦБ РФ катастрофические последствия. Валютный курс RUR/USD, устанавливаемый на соотношении внутренних и мировых цен на нефть, начал стремительно падать, стремясь к паритету: $\widetilde{K}_{неф} \to K_{потр}$.

В конце августа 1998 г. возможности ЦБ в удержании курса в рамках объявленного «валютного коридора» оказались исчерпанными и рубль «рухнул». Верхняя граница валютного коридора была превышена в 2,19 раза. Величина обменного курса стремительно достигла равновесной на тот момент отметки $\widetilde{K} = 14{,}5$ руб./долл. и курс сравнялся с курсом, диктуемым ППС ($\widetilde{K} = K$), а затем в результате паники, воцарившейся на валютном рынке, рубль продолжил свое падение до отметки $\widetilde{K} = 20{,}83$ руб./долл. В силу утраты контроля ЦБ над валютным рынком в сентябре-ноябре 1998 г. курс рубля подвергся беспрецедентным колебаниям, когда его значения на некоторых временных отрезках намного превышали паритетные. В результате итоговая реальная годовая доходность (доходность с учетом инфляции) вложений в доллары значительно превысила американскую. Это был золотой год для валютных спекулянтов в России. С декабря 1998 г. и особенно в 1999 г. курс рубля, назначаемый ЦБ, как никогда раньше, рос синхронно инфляции. У власти находилось правительство Примакова-Маслюкова. Чуть расправили плечи задавленные импортом национальные производители, да и экспортеры ощущали себя достаточно комфортно, ибо цены на нефть стали расти, но идиллия, привнесенная в нашу экономику мыслью поддерживать обменный курс на уровне ППС, закончилась быстро. Впрочем, также, как и недолгим оказался «век» правительства Е. Примакова. Уже к концу февраля 2000 г. курс доллара перестал расти, а в марте началось его вялое снижение. К осени уже можно говорить об устойчивом (хотя и незначительном) укреплении российских денег по отношению к доллару США. De ja vu.

Теперь, о политике валютного курсообразования в последние годы. Компактно она может быть представлена в форме рассчитанной авторами таблицы [1]. Охвачен период с начала 2001 по конец 2014 гг. Первое ощущение, которое возникает при ознакомлении с результатами, - это недоумение. В 2003-2007 гг. и в 2012 г. даже номинальная доходность вложения в доллары, измеренная в рублевом эквиваленте, оказывается отрицательной. Такого не было и в лихие 90-е годы.

Это означает, что в указанные годы курс (RUR/USD) укреплялся настолько сильно, что даже при наличии годовой ставки валютного депозита на уровне $i_1 \approx 0{,}03 - 0{,}04$ инвестор в рублевом эквиваленте нес прямые убытки. И это без учета инфляции! А ведь инфляция тогда составила $\approx 12\%$ в 2003 и 04 гг., 9% и 12% в 2006 и 07 гг. и 6,6% в 2012 г. Здесь уже следует говорить не о том, что попытки ЦБ формировать валютный курс, следуя доктрине ППС, оказались неудачными, а скорее, о полном отрицании этой доктрины.

2001-2007 гг. – относительно благополучные для нашей страны. Заметен внушающий оптимизм рост ВВП и народного благосостояния. А что же ЦБ? Он последовательно снижает курс от 28 RUR/USD (конец декабря 2000 г., курс близок к равновесному) до 24,44 RUR/USD (начало января 2008 г.) И снова – засилье импорта, снова – удушение национального производителя. Но где логика?! Ведь концепция ППС – глубинная основа валютных соотношений! Не соглашаться с этим – это все равно, что отрицать закон сообщающихся сосудов в физике. Если в двух изначально разделенных сосудах уровень жидкости различен, то после того, как перегородка убирается, уровни жидкости в сосудах выравниваются. Причиной этого является перераспределение давлений в сосудах, обусловленное наличием земного тяготения. Аналогично в экономике: при отсутствии торговых барьеров цены на аналогичные товары на международных рынках должны выравниваться, т.е. рубль должен обладать одинаковой покупательной способностью как в ЕС, так и в США, разумеется, с поправкой на валютные курсы. Но это будет только в том случае, если курс, скажем (руб./доллар), будет меняться синхронно темпу инфляции. Причиной выравнивания цен на различных рынках в открытой экономике будет, не менее фундаментальный, чем закон

всемирного тяготения в физике, экономический закон: целью любого бизнеса является прибыль. Поддерживая сильно завышенный курс рубля к доллару и евро, ЦБ РФ способствовал тому, что относительно дешевые товары с Запада хлынули на российский рынок, а бессильному конкурировать с этим потоком российскому бизнесу оставалось только медленно умирать. Уничтожение национального бизнеса, разве может это быть целью деятельности ЦБ?

Для того, чтобы добиться такого снижения курса ЦБ тратил свои валютные запасы, сокращая валютный резерв. Прямо скажем – не лучший способ тратить деньги. Весь опыт функционирования системы плавающих валютных курсов говорит о невысокой эффективности валютных интервенций. Противники вмешательства на валютных рынках подчеркивают, что интенсивные усилия по поддержке курса не дадут больших результатов, ибо центральные банки не могут действовать столь эффективно как рынки в определении истинной цены валюты, а сами попытки могут даже ухудшить дело. В этой связи нужно приветствовать решение ЦБ РФ перейти к системе плавающих валютных курсов. Однако делать это надо при условии введения Регулятором правил, препятствующих крупномасштабным спекуляциям на российском валютном рынке. Единственное, о чем можно сожалеть, что это решение лет на 15-ть запоздало. Ведь последовательное, нарастающее во времени отклонение курса рубля от паритетных значений, это безусловный предвестник будущего валютного кризиса.

Если все больше и больше оттягивать пружину маятника инфляции, она или вырвется, чтобы прийти в положение равновесия ценой чудовищных колебаний, либо просто порвется. Как раз этот процесс сейчас мы и наблюдаем. Основные резервные мировые валюты USD и EUR взбунтовались против экономически необоснованного, долговременного занижения их курсов по отношению к рублю. Как далеко этот процесс может зайти? Другими словами, как низко может упасть курс рубля к доллару и евро? Ответить на этот вопрос, в принципе, не сложно.

К началу января 1999г. курс RUB/USD достиг своего равновесного, в соответствии с ППС, значение 22,5 руб./долл. Т.е. на этот момент имело место равенство $K = \widetilde{K}$. Считая указанную дату началом отсчета, $K_0 = 22{,}5$ руб./долл. и полагая, что следующие 17 лет (до начала 2016 г.) курс руб./долл. растет в соответствии с ППС, можно рассчитать паритетное значение курса на начало 2016 г. Среднегодовая инфляция в России и в США, вычисленная на основе информации Росстата и Минфин США за период 1999-2015 гг., составила соответственно: $\overline{h}_2 = 0{,}1343$ и $\overline{h}_1 = 0{,}0232$.

Откуда:
$\overline{h}_{p\$} = (\overline{h}_2 - \overline{h}_1)/(1 + \overline{h}_1) = 0{,}1086.$ Тогда, в соответствии с (2): $K_{17} = K_0(1+\overline{h}_{p\$})^{17} = 22{,}5 \cdot (1{,}109)^{17} = 130{,}623$ руб./долл. То есть, если бы с января 1999 г. по конец 2015 г. курс RUR/USD рос с сохранением паритета $K_n(t) = \widetilde{K}_n(t)$, то к началу 2016 г. один доллар можно было бы купить за 130 рублей 62 копейки [5].

Каким же может быть курс российской национальной валюты в ближайшие 2-3 года?

К концу 2014 г. Россия вплотную подошла к полномасштабному финансово-экономическому кризису. Прекратился промышленный и экономический рост, инфляция стала измеряться двухзначным числом, цена на нефть упала более чем в два раза, и в такой же мере обесценился рубль по отношению к доллару США, рост инвестиций ушел в отрицательную область, а доходы населения, замерев в ожидании снижения, начали уже падать. Создавшееся в стране экономическое положение оказалось очень сложным, а с учетом внешнеполитических факторов даже опасным. Необходимы радикальные меры по выводу экономики из кризисного состояния. Подчеркнем, не меры косметического характера, а эффективная цельная программа. Такой правительственной программы на сегодня, увы, нет. Правительством были приняты отдельные постановления, но алгоритм последовательных действий отсутствует, хотя, как нам представляется, программа должна была быть к началу 2015 г., чтобы и государственные органы, и бизнес имели четкие ориентиры по выходу из кризиса.

Место правительства по разработке путей и методов преодоления кризиса заняли отдельные лица и организации. Еще в конце апреля 2014 г. С. Глазьев выступил с программой выхода из экономического кризиса, включавшей в себя пять основных пунктов.

1. Единственная причина стагнации российской экономики – это недостаток внутреннего дешевого (процентные ставки не должны превышать для промышленности 4-5%) и долгосрочного кредитования. Его нужно срочно увеличить в два-три раза за счет рефинансирования ЦБ банковской системы под залог обязательств предприятий реального

сектора. По мнению С. Глазьева, производственные мощности в стране явно недогружены (максимум 50-60%). Так что в случае получения предприятиями длинных денег экономический рост в годовом исчислении достигнет 7-8%. Однако этот шаг невозможен без резкого усиления банковского надзора (деньги должны идти только в производство, а не на финансовые спекуляции) и деофшоризации. От ухода в офшоры бюджет, по расчетам С. Глазьева, теряет до 500 млрд до 1 трлн руб. в год.

2. Надо взять деньги со сверхбогатых, увеличив подоходный налог, включая налог с дивидендов, до 40%. Это даст возможность дополнительно получить для госинвестиций до 5 трлн руб. в год.

3. Необходимо создать Московский международный финансовый центр, который станет одним из главных факторов борьбы с западными санкциями. Основа его появления – переход на расчеты со всеми зарубежными контрагентами на рубли.

4. Создать национальную платежную систему, что укрепит независимость российской экономики.

5. Программа делает особый упор на финансовые возможности государства, а не на частных собственников. Рынок должен быть, но жестко регулироваться.

Других программных документов на начало октября 2015 г. – нет. Нельзя же всерьез считать правительственной программой опубликованную 23 сентября в «Российской газете» статью Д. Медведева под названием: «Новая реальность: Россия и глобальные вызова», если действующий премьер-министр и экс-президент России в самом начале заявляет, что в статье не будет программы действий, ибо все они содержатся в старых решениях правительства. Сразу возникает вопрос: каким образом учитывать «новую реальность», если все необходимые решения были приняты до ее появления?

Итак, с алгоритмом выхода из кризиса – проблема. Зато нет недостатка в финансово-экономических прогнозах. Их дают отечественные правительственные и неправительственные, а также международные организации и эксперты, занимающиеся анализом и прогнозированием развития российской экономики. Почти все единодушны во мнении, что положение в стране в 2015 г. ухудшится по сравнению с 2014 г. Мы приведем здесь обнародованный в начале осени среднесрочный макроэкономический прогноз ЦБ РФ. Центральное место в нем занимают прогнозы цен на нефть. Базовый сценарий строится, исходя из цены барреля нефти марки urals 50 долл./баррель. В этом случае ВВП России в 2015 г. упадет по отношению к 2014 г. на 3,9-4,4%, в 2016 г. упадет еще на 0,5-1%, а в 2017 г. – небольшой, не более 1% рост. В 2018 г. рост станет более заметным – от 2 до 3 %. Инфляция в 2015 г. составит 12-13%. В 2017-18 гг. ЦБ обещает довести инфляцию до 4% в год, но как будет достигнут этот показатель – не ясно. Прогноза курса RUR/USD ЦБ не дает, очевидно, из-за боязни обрушить рынок. В оптимистическом сценарии цены на нефть должны составить соответственно по годам 60;70;75 долл./баррель. В этом случае рост ВВП начнется уже в 2016 г. – 0,5%, в 2017 г. – до 2%, в 2018 г. – 3,5%. В третьем, негативном варианте, предполагается, что нефть будет стоить 40 или даже меньше долл./баррель. При такой цене ВВП ы 2016 г. упадет на 5%. Что будет с реальными заработными платами трудно представить. Проанализируем последний вариант подробнее. Допустим цена на нефть через год снизится до 28,5 долл./баррель. Тогда, в соответствии с (4): $\widetilde{K} = 3750 \div 28{,}5 = 131{,}58$ RUR/USD, т.е. курс рубля упадет до равновесного (по ППС) значения. С этого момента он перестанет реагировать на дальнейшее снижение нефтяных цен. Но от этого не легче. Просто закон падения рубля изменится. Он будет падать не потому что дешевле становится баррель, формула (4), а потому что растет инфляция, формула (2). Какой она могла быть в 2016 г., если бы нефть упала в течение года до 28,5 долл./баррель, легко рассчитать. Допустим, что курс рубля в конце 2015 г. составил $\widetilde{K} = 68$ RUR/USD. Тогда, в предположении, что, следуя ППС, плавающий курс рубля к доллару «падает» по закону (2) имеем: $68(1 + h_{p\$}) = 131{,}58.$ Если предположить, что темп американской инфляции в 2016 г. составит $h_1 = 0{,}03 \sim 3\%$, то: $68(1 + \frac{h_2 - 0{,}03}{1 + 0{,}03}) = 131{,}58.$ Откуда: $h_2 = 0{,}993 \sim 99{,}3\%.$ Т.е. цена потребительского набора выросла бы почти вдвое и во столько же снизился бы уровень жизни российских граждан. В этом случае уже можно было бы говорить, что «экономика России разорвана в клочья» и некоторые пункты из мобилизационной программы выхода из кризиса С. Глазьева пришлось бы выполнить. Такое у нас

уже было в 1998 г., когда инфляция взлетела до 84%, хотя в 1997 г. было лишь 11%. При этом курс рубля к доллару США вырос с 5,94 (конец 1997 г.) до 19,8 RUR/USD (конец 1998 г.). Но тогда премьер-министром стал Е. Примаков, приведший в правительство свою команду, и ситуация была стабилизирована в течение года. Жаль только, что все хорошее быстро кончается, и Ельцин, прежде чем ушел сам, успел убрать Примакова из премьеров. А ведь тогда, экономика России вышла из кризиса и начался подъем.

Впрочем, есть основания полагать, что дно, на которое скатятся цены на нефть, а вместе с ними и курс рубля, не будет таким глубоким. Первое: при долговременном пребывании нефтяных цен на интервале $N_{неф} < 30$ долл./баррель неизбежна полномасштабная стагнация мировой экономики. И, если для таких нефтедобывающих стран как Саудовская Аравия, ОАЭ, Кувейт, где себестоимость добычи порядка 10 долл./баррель и ниже, вариант $N_{неф} < 30$ долл./баррель в течение какого-то времени – приемлем, то для государств как Россия, Венесуэла, Конго, Азербайджан этот вариант равносилен экономической удавке. Плох он и для экономически развитых государств, не являющихся сырьевыми экспортерами, ибо ведет к резкому снижению темпов промышленного развития. Следовательно, стоимость нефти не может сколь-нибудь долгое время находиться в интервале $N_{неф} < 30$ долл./баррель и начнет расти. И второе: как показывают предварительные расчеты, для стран, экономика которых имеет сырьевую направленность, имеет место неравенства $\widetilde{K} < K$, где $\widetilde{K}$ - рыночный курс национальной валюты, а К – курс в соответствии с ППС. Правда, выполнение требования $(K - \widetilde{K})$ – достаточно малая величина, является критерием нормального состояния экономики государства. Для России это требование не выполняется, что свидетельствует о наличии экономических проблем. Но в любом случае панацеей от бед остается экономический рост. Он является наилучшим средством борьбы с инфляцией в условиях структурной перестройки экономики [6]. Он предоставляет возможности для стабилизации курса национальной валюты. И главное, он позволяет увеличивать благосостояние населения. Экономический рост – вот что должно быть поставлено во главу экономической политики государства. И народ будет доволен властью.

Литература

1. Семенов В.П., Соловьев Ю.П., Горшкова Е.В, Каким же должен быть курс национальной российской валюты? // Концепции. Научно-практический журнал при ЦЭМИ РАН. № 1(33), 2015
2. Кассель Г. Инфляция и валютный курс. – М.: Эльф-пресс, 1995
3. Носкова И.Я. Регулирование валютного курса и инфляция в России. // Финансы. № 10, 1996
4. Петраков Н.Я. Русская рулетка – М.: Экономика, 1998
5. Ю.П. Соловьев, В.П, Семенов, Р.К. Гринцявичус. О планах Банка России по снижению инфляции к 2017 г. до 4% и некоторых альтернативных методах ее измерения. // Банковское дело. № 10 (262), 2015
6. Сергеева О.И., Эюбов З.В.О. Влияние инфляции на экономический рост в условиях перестройки национальной экономики // Вестник российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. № 1 (79), 2015

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Динамика показателей научного потенциала России

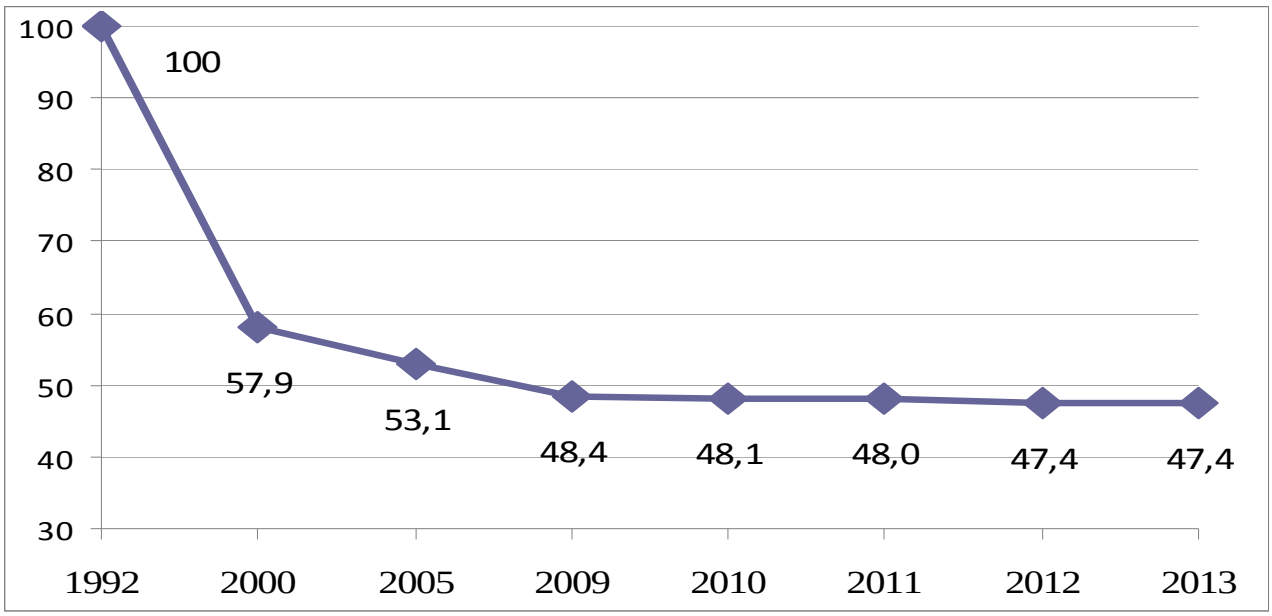
Ведущий научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) РАН,
кандидат экономических наук А.П. Яркин

За последние двадцать лет основные показатели состояния и уровня развития научного потенциала России претерпели значительные изменения. Число организаций, занимающихся научными исследованиями и разработками за период 1994 - 2013 гг. сократилось почти на 20%. Данное сокращение произошло за счет уменьшения числа научно-исследовательских организаций на 17,2%, конструкторских организаций на 61,7%, промышленных организаций, имевших научно-исследовательские и проектно-конструкторские подразделения на 21,8%, а также за счет сокращения проектных и проектно- изыскательных организаций на 93,3%. В то же время можно отметить, что наблюдается положительная динамика по увеличению научно-исследовательской деятельности в образовательных учреждениях высшего профессионального образования на 50,9%, а также на базе опытных заводов и прочих организаций на 82,8%. По сравнению с 1992 г. также можно отметить сокращение численности персонала, занятого исследованиями и разработками как в целом, так и по категориям. Анализ динамики изменения основных показателей деятельности аспирантуры по регионам РФ показал значительный рост численности аспирантов во всех ФО, около 30-40% человек, принятых в аспирантуру, отчисляются из нее до окончания срока обучения, что свидетельствует о снижении эффективности аспирантуры. Из тех, кто заканчивает аспирантуру, в среднем только 27 -30% защищают диссертацию в установленные сроки. Приведенные данные свидетельствуют о наличии проблем в функционировании аспирантуры, снижении качества подготовки кадров для вузов, НИИ и других учреждений науки и образования. Все расчеты выполнены на основе данных Росстата.

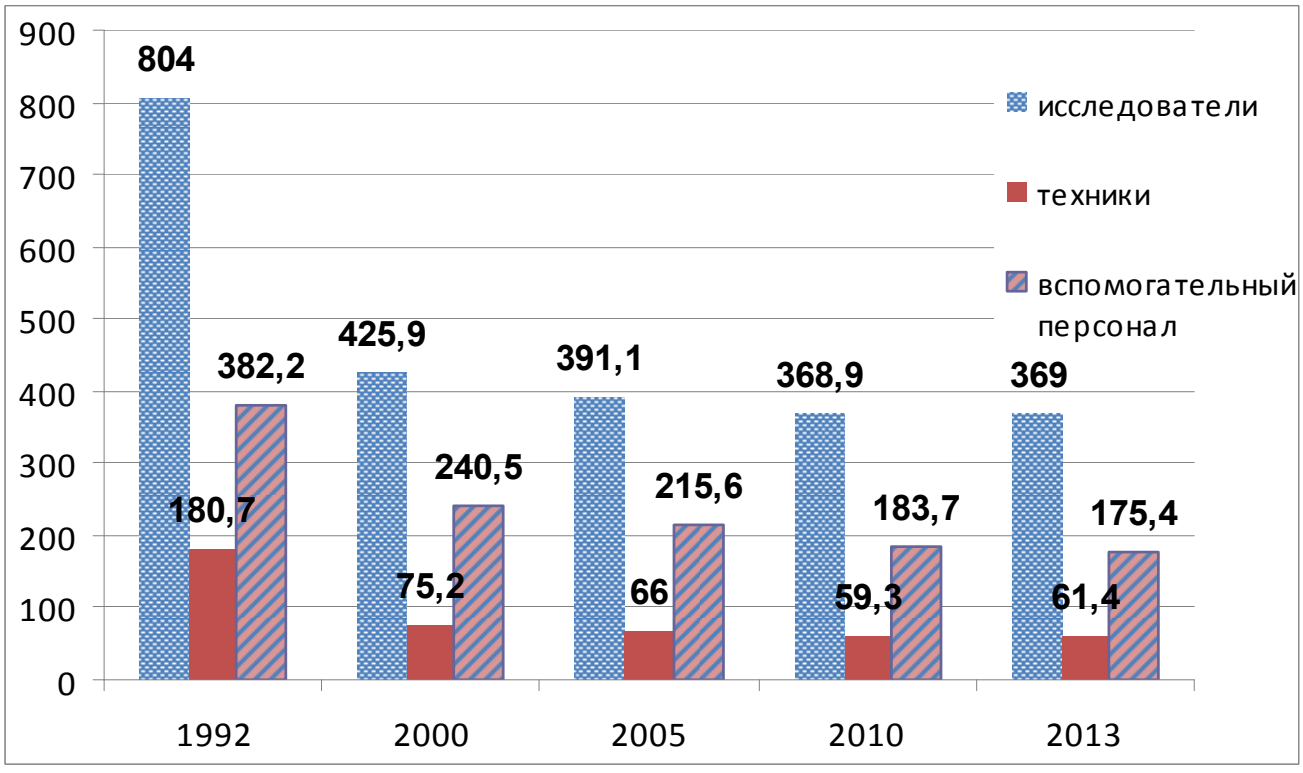
Динамика численности организаций,
выполняющих исследования и разработки (1994 г. = 100%)

	1994	**2000**	**2005**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
Число организаций - всего	**100**	**90,0**	**78,3**	**77,6**	**76,7**	**80,8**	**78,3**	**79,1**
в том числе:								
научно-исследовательские организации	100	129,3	101,8	90,4	88,6	85,8	84,0	82,8
конструкторские организации	100	36,8	56,5	43,6	41,8	42,1	39,1	38,3
проектные и проектно-изыскательские организации	100	17,2	12,3	7,3	7,3	7,7	6,7	6,7
опытные заводы	100	113,8	103,4	196,6	162,1	169,0	206,9	182,8
образовательные организации высшего образования	100	87,4	91,0	113,5	115,9	130,3	126,0	150,9
промышленные организации, имевшие научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения	100	83,5	67,9	67,1	70,0	82,4	80,6	78,2
прочие	100	100,0	77,2	194,0	99,6	130,1	94,4	95,5

**Динамика численности персонала,
занятого исследованиями и разработками (1992 г. = 100%)**



**Изменение структуры персонала, занятого исследованиями и разработками,
по категориям (1992-2013 гг., тыс. человек)**



Показатели деятельности аспирантуры по регионам РФ (1994 г. = 100%)

Регион	Прием в аспирантуру					Выпуск из аспирантуры				
	1994	**2000**	**2005**	**2010**	**2013**	**1994**	**2000**	**2005**	**2010**	**2013**
Российская Федерация	100	222	242	281	201	100	273	273	275	283
ЦФО	100	187	199	225	164	100	197	197	198	201
г. Москва	100	171	185	204	149	100	171	171	166	167
СЗФО	100	201	208	237	164	100	220	220	214	213
г. Санкт-Петербург	100	184	187	216	152	100	187	187	178	183
ЮФО	100	294	404	426	297	100	598	598	649	623
ПФО	100	265	285	374	267	100	467	467	491	521
УФО	100	256	336	405	277	100	406	406	433	455
СФО	100	305	302	362	256	100	404	404	369	397
ДФО	100	304	298	336	270	100	684	684	638	795

Регион	Численность аспирантов					Выпуск с защитой/ выпуск из аспирантуры, %				
	1994	**2000**	**2005**	**2010**	**2013**	**1994**	**2000**	**2005**	**2010**	**2013**
Российская Федерация	100	220	267	294	247	22	30	32	28	26
ЦФО	100	181	213	231	195	23	28	30	27	26
г. Москва	100	165	194	206	174	23	26	28	26	25
СЗФО	100	200	223	232	196	20	28	29	26	24
г. Санкт-Петербург	100	182	198	205	176	20	29	30	27	25
ЮФО	100	309	453	672	535	21	31	34	30	27
ПФО	100	267	333	395	339	29	40	40	35	31
УФО	100	252	381	446	359	19	32	31	27	23
СФО	100	308	358	390	330	17	29	31	26	25
ДФО	100	358	410	465	351	16	24	22	24	10

В номере №1 (33) 2015 г. «КОНЦЕПЦИИ» на стр. 78 была допущена ошибка: вместо «Подготовлен сотрудниками ЦЭМИ РАН» следует читать «Подготовлен ведущим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центрального экономико-математического института (ЦЭМИ) РАН, кандидатом экономических наук А.П. Яркиным.

ИНФОРМАЦИЯ
Требования к рукописям

Рукописи научных статей и других материалов представляются в журнал «КОНЦЕПЦИИ» на бумажном носителе и в электронном виде (адрес tania_kom@mail.ru). Рукописи подписываются авторами с указанием полного наименования организаций (где авторы работают, их адреса), полного наименования должности каждого автора, их ученых степеней и званий, Ф.И.О., контактных телефонов.

Одновременно авторы рукописей статьей представляют в редакцию журнала аннотацию на русском и английском языках с кратким содержанием рукописи, Ф.И.О. авторов и название рукописи статьи на английском языке. Электронная версия рукописи предоставляется в Microsoft Word. Шрифт основного текста Arial, кегль — 10 пт, межстрочный интервал — 1. Оси графиков должны быть подписаны. Таблицы должны иметь названия, а рисунки — подписи. Ссылки на литературу в тексте статьи оформляются как концевые сноски и даются в квадратных скобках.

Статьи в журнале рецензируются.

Мнение Научно-редакционного совета, его Бюро и редакции журнала может не совпадать с позицией авторов публикаций.

Журнал принимает для публикации оригинальные, ранее не опубликованные статьи на русском языке.

Статьи публикуются по мере их поступления.

Редактор журнала может отклонить статью, не объясняя авторам причины своего решения.

Авторы уже опубликованных статей не могут вносить в них изменения и дополнения, но могут на общих основаниях направить дополнительные замечания к собственной статье.

Авторы статей несут всю полноту ответственности за содержание статей и за сам факт их публикации. Журнал и его редактор не несут никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи. Редактор журнала вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или же общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи редактор журнала сообщает автору, который представил статью и организации, где работа выполнялась.

Журнал допускает распространение статей из журнала (дайджест) или выдержек из них с обязательной ссылкой на первоисточник. Запрещается издание и/или распространение материалов журнала третьими лицами или организациями на бумажных и твердых электронных носителях. За разрешением на перепечатку или перевод опубликованных в журнале материалов обращаться в редакцию.

Подписано в печать 25.11.2015. Формат издания 60x84 1/8. Бумага офсетная № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,0. Тираж 60 экз. Заказ 0000. Отпечатано в соответствии с качеством представленного оригинал-макета в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНИТИ». 140010, Люберцы, Московская обл., Октябрьский пр-т, 403. Тел. 554-21-86.

Руководителям научных, промышленных, финансово-кредитных организаций, вузов и библиотек о научно-практическом журнале «КОНЦЕПЦИИ»

117418, г. Москва, Нахимовский проспект, дом 47, ком. 2109;
телефон: (495) 331-30-06, (499) 724-25-32; факс: (495) 718-96-15.
Интернет: http://www.cemi.rssi.ru; http://concept.cemi.rssi.ru
Электронная почта (E-mail): yarkinap@mail.ru, tania_kom@mail.ru

Журнал зарегистрирован:
в Роскомпечати 28 декабря 1995 года. Свидетельство № 014305;
в Международном Центре Регистрации Последовательных Публикаций (ISSN International Centre, Париж), международный регистрационный номер - ISSN 1994-3938.
В каталоге РИНЦ (Российского индекса научного цитирования)

Журнал предоставляет свои страницы для публикаций концепций научных достижений в области экономических наук, где содержатся итоги фундаментальных и прикладных исследований, способствующих научно-техническому прогрессу, социально-экономическому и культурному развитию России.

Журнал публикует экспертные оценки известных ученых и специалистов по ключевым экономическим проблемам научно-образовательного сектора, экономики знаний и инновационной сферы, промышленности и других отраслей.

В журнале вы найдёте основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям «экономические науки»:

08.00.01 - "Экономическая теория" (экономические науки);
08.00.05 - "Экономика и управление народным хозяйством (макроэкономика, региональная экономика)"(экономические науки);
08.00.13 - "Математические и инструментальные методы экономики" (экономические науки);
05.02.22 - "Организация производства (промышленность)" (экономические науки);
08.00.05 - "Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами - промышленность)" (экономические науки).

Научно-редакционный совет, Бюро совета и редакция журнала приглашают Вас на страницы журнала, стать автором крупной проблемной научной статьи.

В порядке информации сообщаем, что краткое содержание отдельных номеров журнала «КОНЦЕПЦИИ», аннотации научных статей на русском и английском языках, требования к рукописям и к рекламе смотрите в Интернете:
Интернет: http://www.cemi.rssi.ru; http://concept.cemi.rssi.ru