

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ КРУПНОМАСШТАБНОЙ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Сухарев О.С.

*Институт экономики РАН,  
Россия, г. Москва пр-т. Нахимовский д. 32  
o\_sukharev@list.ru*

*Аннотация: Целью исследования выступает выявление проблем измерения технологического уровня крупномасштабной системы. Методологию составляет теория технологических изменений, сравнительный анализ, теория измерений, экономическая статистика. Результат сводится к оценке технологичности по видам деятельности экономики по валовой добавленной стоимости, и соотношению инновационных и неинновационных продуктов.*

Ключевые слова: технологии, уровень технологичности, объём затрат на НИОКР, сырьевой сектор, машиностроение, инновационные и не инновационные товары.

### Введение

Экономический рост выступает стратегической целью управления крупномасштабной хозяйственной системы [1-9]. Многие модели различного типа и назначения посвящены тому, чтобы описать феномен роста с предложением способов влияния на него и проведения стимулирующей политики [9]. Выделяются значимые факторы роста – иностранные инвестиции [10], структурные изменения [11], которые долго не рассматривались в виде факторов роста и не включались в теории роста, инвестиции в НИОКР [12]. Особо следует отметить, что рост крупномасштабной системы всегда происходит за счёт её структурных особенностей [7]. Поэтому структурный анализ крупномасштабной системы выступает основным методом познания её построения и закономерностей, связей между элементами, исследование которые полезно для понимания роста системы и управления им [1-2, 4-5, 8].

При рассмотрении различных задач управления, особенно крупномасштабной системой [7-8], необходимо принимать во внимание, какие из её элементов оказывают на функционирование системы большее влияние, а также какие инструменты воздействия на них могут оказаться наиболее действенными в том, что придать системе в целом и её элементам раздельно требующуюся динамику и вектор развития. Распределение влияния инструментов будет влиять на изменение связи элементов системы и её функционирование. Следовательно, решение структурной задачи предполагает не только выяснение структуры системы и влияния её элементов друг на друга, но и структуры инструментов, набор которых и распределение воздействия которых окажет наибольшее влияние на развитие.

Технологический уровень крупномасштабной системы формируется сложившейся структурой технологий, применяющихся на различных уровнях [7].

Структурная задача, выражающаяся в том, что профессиональная структура влияет на экономический рост, то есть, каждая профессиональная группа вносит свой собственный вклад в него. Различные технологии также обеспечивают своё влияние на экономический рост. Старые технологии, вопреки принятому мнению, могут на каких-то участках развития вносить весьма ощутимый вклад в темп роста, а вот новые технологии – даже его тормозить. Интерес вызывает оценка профессиональной группы, вносящей наибольший вклад в темп роста, как и типа технологий, который обеспечивают такой же результат. Решение подобных структурных задач позволит подойти к обоснованию стратегических решений не только в сфере науки и образования, либо высоких технологий и наукоёмких секторов, подготовки кадров, но и модели управления экономическим ростом. Если системный параметр, по которому идентифицируется рост представим в виде суммы отдельных величин, например,  $Z = z_1 + z_2 + \dots + z_n$  ( $n$  – число элементов системы), то совсем просто показать (при условии, что сумма долей элементов равна единице), что темп изменения этого системного параметра равен сумме произведения темпа на долю каждого из элементов по всем элементам управляемой системы. Данная формула составляет базовое уравнение структурного анализа. Применяться может для обобщённой оценки вклада элементов системы в темп её роста.

Одна из проблем управления [8] крупномасштабной системой сводится к тому, что система состоит различных элементов. Это приводит к различным вариантам оценки структуры. Представляется, что и дифференциация мер экономической политики (инструментов управления), даст различные модели проектируемой экономической политики в зависимости от структуризации системы. Динамика каждого выделяемого элемента будет связана с его долей, поэтому структурная композиция будет влиять на применение метода структурного анализа.

Анализируя динамику элементов крупномасштабной системы в теоретическом смысле возможны следующие её варианты:

1) доля элемента не изменяется, но изменяется темп элемента и вклад в общий темп роста (доля и темп постоянные – это особый случай для какого-то интервала времени);

2) доля элемента изменяется, темп остаётся на каком-то интервале времени постоянным (ситуация маловероятна в силу высокой изменчивости динамики и действия многочисленных факторов, влияющих на темп элемента);

3) изменяется доля и темп динамики элемента (наиболее вероятный случай, особенно на значительном интервале времени, на коротких периодах времени эта доля может оставаться неизменной) с изменением вклада в темп роста.

Таким образом, структурная динамика может наблюдаться при отсутствии тесной связи между изменением доли элемента системы и его темпа (как по отдельным, так, видимо, и по всему набору элементов), однако, такая связь может и присутствовать по каким-то (или по всем) элементам. Она может быть индивидуальной для каждого элемента. Кроме того, влияние элементов друг на друга и их чувствительность к мерам экономической политики (инструментам управления) определяют модель экономической политики. Применительно к росту модель политики роста.

Таким образом, на динамику крупномасштабной системы влияют следующие аспекты:

1) характер связи изменения доли элемента в системе и его темпа роста;

2) наличие положительной или отрицательной связи в динамике элементов – влияние друг на друга;

3) чувствительность элементов системы к инструментам управления.

Управляющие воздействия исследовать весьма непросто, так как изучению подлежит уже прожитой период времени. Политика и управление могут проявлять накопительный эффект – отрицательный или положительный, когда, в первом случае, чувствительность системы снижается на меры воздействия, во втором – сохраняется или возрастает. Определить на какие инструменты какой возникает накопительный эффект становится нетривиальной задачей современной управления и экономикой. Уже применённые методы управления изменить невозможно, как и считать, будто опять их применение даст такой же эффект было бы самонадеянным спустя определённое время. Требуется иметь представление о накопительном эффекте проводимой политики.

Тем самым, указанный накопительный эффект, особенно отрицательный, ограничивает возможность пролонгации применения некоторых мер политики. Степень чувствительности элементов системы и её в целом к инструментам управления может меняться и довольно быстро. С точки зрения макроуправления, предполагается, что отдельные параметры и связи будут неизменными на каком-то следующем отрезке времени. Это позволяет считать выявленные реакции системы за предшествующий интервал времени, сохраняющимися в ближайшей перспективе. В итоге формируются инструменты макроэкономической политики (управления), исходя из весьма ошибочных установок экономической политики. Чем выше неопределённость элемента системы, например, технологий, тем совершаемые ошибки могут оказаться значительнее. Они обусловлены особенностями изменения влияния технологий на экономическое развитие, оценкой технологического уровня системы и подбором методов управления технологическими изменениями. Рассмотрим детально проблему измерения технологического уровня, ибо она во многом предопределяет затем и управления столь значимым элементом развивающейся крупномасштабной системы.

## **1 Методология исследования**

Технологический уровень крупномасштабной системы – это характеристика её технологичности, то есть того, как именно эта система использует все виды ресурсов для получения полного набора благ (продуктов и услуг), исполнения необходимых функций. Иными словами, он отражает то, какую результативность обеспечивает неким способом система, трансформируя ресурсы в полезные блага и функции, включая и управление. Оценка этого уровня может осуществляться разными способами, но должна давать информацию, насколько эффективно применяется способ воздействия по различным объектам. Этот уровень является относительным, но критерий его оценки для адекватного сопоставления должен быть равнозначным и отражающим степень применения новых технологий, воспроизводящих эффект экономии.

Воздействия в виде принимаемых решений влияют как на уровень технологичности, так и на динамику различных экономических структур, тесноту связей между ними. Необходимость измерения силы и причин данного влияния на элементы крупномасштабной системы представляет смысл и содержание задачи «структурного управления». Уровень технологичности может быть измерен по соотношению инвестиций в новые и старые технологии. При доминировании первых – интенсивнее

идёт процесс технологического обновления. Под инвестициями в новые технологии можно рассматривать затраты на технологические инновации организаций. Инвестиции в старые технологии определять как разницу между валовым накоплением основного капитала и инвестициями в новые технологии, так как то, что не идёт на новые технологии, обслуживает прежний технологический базис.

Структура инвестиций может изменяться различным образом:

1) величина совокупных инвестиций растёт, но соотношение инвестиций в новые и старые технологии не меняется;

2) величина инвестиций растёт, но соотношение инвестиций изменяется в сторону либо новых либо старых технологий;

3) суммарная величина инвестиций не изменяется, но соотношение инвестиций изменяется, либо в пользу старых, либо новых технологий, или не изменяется.

Возможен вариант, что величина инвестиций сокращается, а соотношение инвестиций в новые и старые технологии не изменяется, либо может измениться в пользу определённого типа технологий.

Вклад в темп роста старых и новых технологий можно оценить по инвестициям в эти технологии, как один из способов. Кроме того, можно это сделать по величине создаваемой добавленной стоимости на старых и новых технологиях, хотя последнее отделить часто не представляется возможным. Данное обстоятельство оставляет первый способ по инвестициям, делая его наиболее приемлемым. Инвестиции в новые технологии вносят свой вклад, в старые - уже иной вклад в темп роста. Это можно показать с применением «структурной формулы»:

$$g = g_c c + g_I n + g_G a + g_{NX} b \quad (1)$$

где:  $g = (1/Y) dY/dt$ ;  $g_c = (1/C) dC/dt$ ;  $g_I = (1/I) dI/dt$ ;  $g_G = (1/G) dG/dt$ ;  $g_{NX} = (1/NX) dNX/dt$  – темпы роста продукта и его компонент,

$c = C/Y$ ,  $n = I/Y$ ,  $a = G/Y$ ,  $b = NX/Y$  – доли компонент продукта в самом валовом продукте  $Y = C + I + G + NX$ , ( $C$  – потребительские расходы,  $I$  – инвестиционные расходы,  $G$  – правительственные расходы,  $NX$  – чистый экспорт). [6]

В формулу (1) можно ввести инвестиции в старые и новые технологи, выяснив их вклад в общий темп роста. Пусть  $I_n$ ,  $I_s$  - инвестиции в новые и старые технологии, в сумме дающие величину инвестиций –  $I$ , а  $gI_n$ ,  $gI_s$  - темп роста соответственно инвестиций в новые и старые технологии. Обозначим:  $\gamma = I_n / I_s$ ,  $dI_s = I_s / I$ ,  $i_s = I_s / Y$ .

Используя эти выражения в рамках «структурной формулы» (1) для темпа роста продукта, получим оценку вклада инвестиций в старые и новые технологии в темп. Выражение примет вид:

$$g = gI_n(1 + \gamma) \gamma i_s \text{ dis} + gI_s(1 + \gamma) i_s \text{ dis} + g_c c + g_G a + g_{NX} b \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что вклад инвестиций в новые и старые технологии – отличается. Тем самым темп инвестирования в технологическое обновление определяется: наличием новых технологий (условиями трансфера технологий), состоянием производства, уровнем развития старых технологий, величиной инвестирования, способностью инфраструктуры воспринять обновление, а также от действующих правил, и проводимой научно-технической политики.

Помимо технологической структуры, важным параметром является функциональный потенциал. Функциональная организация экономики влияет на её возможности расти и развиваться в широком смысле, поскольку определяет динамику транзакционных издержек, полезность функций, конкуренцию исполняемых функций по времени, что не может не сказаться на достижении целей управления. Более того, часть функций, ранее являвшихся полезными, перестают исполняться, переходят в разряд неисполняемых функций, либо исполняемых с пониженной эффективностью. Расстройство функций определяется как дисфункция системы. Чем выше дисфункция, тем в более неудовлетворительном состоянии находится система, тем сложнее предсказать перспективную её динамику (возникает выбор – либо осуществить затраты в восстановление неисполняемых функций, предварительно изучив причины потери исполнения, либо отказаться от этих функций в принципе, или же заменить их иными, которые будут исполняться и имитировать прежний функционал). Фактически состояние системы (статика) как и динамику можно определить структурой «исполняемые–неисполняемые» функции, которая задаёт общий набор функций экономики. [6-7]

Анализ макроэкономического управления может быть проведен с помощью таблицы 1, где отражены главные цели развития экономики с характеристикой по семи основным параметрам: задаче управления, инструментальному наполнению, области приложения, времени реализации, издержкам реализации, устойчивости к внутренним изменениям и внешним воздействиям.

Таблица 1. Основы целевого управления экономической системы

Цели/ Характеристика	Рост	Динамика цен	Занятость	Доходы	Неравенство
<b>Задача управления</b>	Обеспечить темп роста	Элиминировать повышательную динамику	Увеличивать	Обеспечить прирост	Снижать, включая и бедность
<b>Инструменты</b>	Стимулирующая политика	Антиинфляционная политика	Развитие новых видов деятельности, ввод регулирующих рынок труда правил	Налоги. Ценообразование, регулирующие распределение правила	Прогрессивная шкала налогов, адресная помощь, субсидии, нормы распределения
<b>Область приложения усилий</b>	Макроэкономика	Макроэкономика Отрасли, корпорации – естественные монополии	Институты рынка труда, отрасли	Налогово-бюджетная сфера, источники дохода, оценка факторов	
<b>Время</b>	Различные периоды времени, включая и длительный интервал				
<b>Издержки</b>	Рост цен и неравенства	Снижение темпа роста, увеличение неравенства	Снижение динамики доходов и производительности	Дефицит бюджета	Рост, в том числе сверхбогатых и бедных
<b>Устойчивость к внутренним изменениям</b>	Экономическая динамика не очень чувствительна к внутренним возмущениям, после которых система быстро возвращается к прежнему режиму функционирования. Снижение устойчивости выражается в том, что институциональные коррекции не позволяют системе вернуться к прежним параметрам.				
<b>Устойчивость к внешним воздействиям</b>	Рост при мировом кризисе, рецессии	Внутренняя инфляция не запускается импортированной инфляцией	Диспропорции рынка труда не провоцируются миграцией и иными внешними факторами	Доходы не сильно зависят от экспорта или импорта	Отток или приток капитала сильно не влияет на уровень неравенства или бедности

Из таблицы 1 видно, как распределены цели управления и потенциальные инструменты их достижения, применяемые при реализации макроэкономической политики. Проблема выбора технологической структуры экономики обладает не меньшей сложностью. Её решение связано, во-первых, с измерением технологического уровня крупномасштабной системы, во-вторых, подбором мер, влияющих на ввод и выбытие технологий. Поэтому структурная задача распределения инвестиций между новыми и старыми технологиями составляет существо рассматриваемой проблемы технологического обновления как центральной задачи управления технологическим развитием экономической системы.

Технологический уровень крупномасштабной системы может измеряться различными способами.

Во-первых, сегодня применяется оценка технологичности по величине затрат на НИОКР в общей величине создаваемой добавленной стоимости. Исходя из этого, Росстат выделяет высокотехнологичные виды деятельности, два подвида среднетехнологичных видов деятельности, а также низкотехнологичные виды деятельности. Причём осуществляется группировка видов деятельности по ОКВЭД, относимых к тому или иному виду. Такой подход является весьма неточным, поскольку нет прямой корреляции между величиной затрат на НИОКР как доли от некоей величины, например, добавленной стоимости, и технологичностью. Малыми затратами можно провести те НИОКР, которые дадут большой взнос в области создания новых технологий, а большие затраты могут быть связаны с НИОКР, которые совсем не дают значимого «технологического результата», а в виде отчётом пылятся на полках осуществляющих их организаций.

Во-вторых, может производиться оценка технологического уровня по числу применяемых передовых технологий от общего их числа, либо по величине инновационной продукции в объёме не инновационной, либо по величине создаваемой валовой добавленной стоимости на новых технологиях

к общей величине этого показателя.

Однако и этот способ оценки, имеет имманентные недостатки, поскольку зависим от того, как именно учитываются технологические инновации, либо передовые технологии относительно не передовых. К тому же часто выделить добавленную стоимость созданную на новейших технологиях не представляется возможным, так как в создании продукции участвуют как передовые, так и устаревшие технологии. Вместе с тем, данный метод является прямым, в отличие от косвенной оценки по НИОКР, которые напрямую не ответственные за появление новых технологий. Более того, прошлые НИОКР могут дать результат появления технологий, которые будут учтены так, что это как будто дали текущие НИОКР. Однако, высокая технологичность, конечно, связана с технологическими инновациями, а низкая – с преобладанием не инновационных изделий.

Рассмотрим оценку технологического уровня для РФ по величине инновационной продукции, приходящейся на единицу создаваемой не инновационной продукции в период с 2010 по 2020 год.

## 2 Обсуждение результатов

Приведём определение различных видов деятельности, создающих валовую добавленную стоимость, по уровню технологичности, исходя из методики Росстата. Как было отмечено критерием отнесения к деятельности высоко технологичной выступает величина затрат на НИОКР в общем объёме добавленной стоимости, а критерием к наукоёмким видам деятельности - доля лиц с высоким уровнем профессионального образования в численности работников. В условиях большего охвата людей высшим образованием последняя оценка также является высоко несовершенной. Это было наглядно показано автором на примере методики Евростата учёта «экономики знаний».

К высокотехнологичным видам экономической деятельности по Росстату относятся: производство фармацевтической продукции; производство офисного оборудования и вычислительной техники; производство электронных компонентов, аппаратуры для радио, телевидения и связи, производство медицинских изделий, средств измерений, контроля, управления и испытаний, оптических приборов, фото- и кинооборудования, часов; производство летательных аппаратов, включая космические.

К среднетехнологичным высокого уровня видам экономической деятельности относятся: химическое производство за вычетом производства фармацевтической продукции; производство машин и оборудования (без производства оружия и боеприпасов); производство электрических машин и электрооборудования; производство автомобилей, прицепов и полуприцепов; производство судов, летательных и космических аппаратов и прочих транспортных средств за вычетом строительства и ремонта судов и производства летательных аппаратов, включая космические.

К среднетехнологичным низкого уровня видам экономической деятельности относятся: производство кокса и нефтепродуктов; производство резиновых и пластмассовых изделий; производство прочих неметаллических минеральных продуктов; металлургическое производство; производство готовых металлических изделий; строительство и ремонт судов.

К низкотехнологичным видам экономической деятельности относятся: производство пищевых продуктов, включая напитки; производство табачных изделий; текстильное производство; производство одежды, выделка и крашение меха; производство кожи, изделий из кожи и производство обуви; обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели; производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона и изделий из них; издательская и полиграфическая деятельность, тиражирование записанных носителей информации; производство мебели и прочей продукции, не включенной в другие группировки; обработка вторичного сырья.

Приведём количественную оценку уровня технологичности России (рисунок 2) Технологичность определяется отношением отгруженных инновационных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами к отгруженным не инновационным товарам собственного производства, выполненным работам и услугам собственными силами.

Обратим внимание, что с рецессии 2014 года и далее технологический уровень России, измеряемый по отношению инновационных к не инновационным товарам, работам услугам, в общем снижался (рисунок 1). Небольшой рост наблюдался только в 2016 года, а затем в 2019-2020, что не вывело общую величину существенно выше 2011 года. Таким образом, за десять лет по существу технологический уровень России остался неизменным, что не может рассматриваться в виде позитивного результата технологического развития страны. При этом технологический уровень машиностроения возрос.

Нужно отметить, что технологический уровень машиностроения довольно высок, превышая показатель для российской экономики. Однако, учитывая, что на экономику оказывает более сильное влияние сырьевой сектор и услуги, «сервисная экономика», это превышение не обеспечивает высокого общего уровня технологичности.

Технологичность сырьевого сектора в период рецессии 2015-2016 гг. существенно понизилась, затем возросла. Однако рост этот был исчерпывающий, так что интегрально общий уровень технологичности в России понизился в пострецессионные годы.

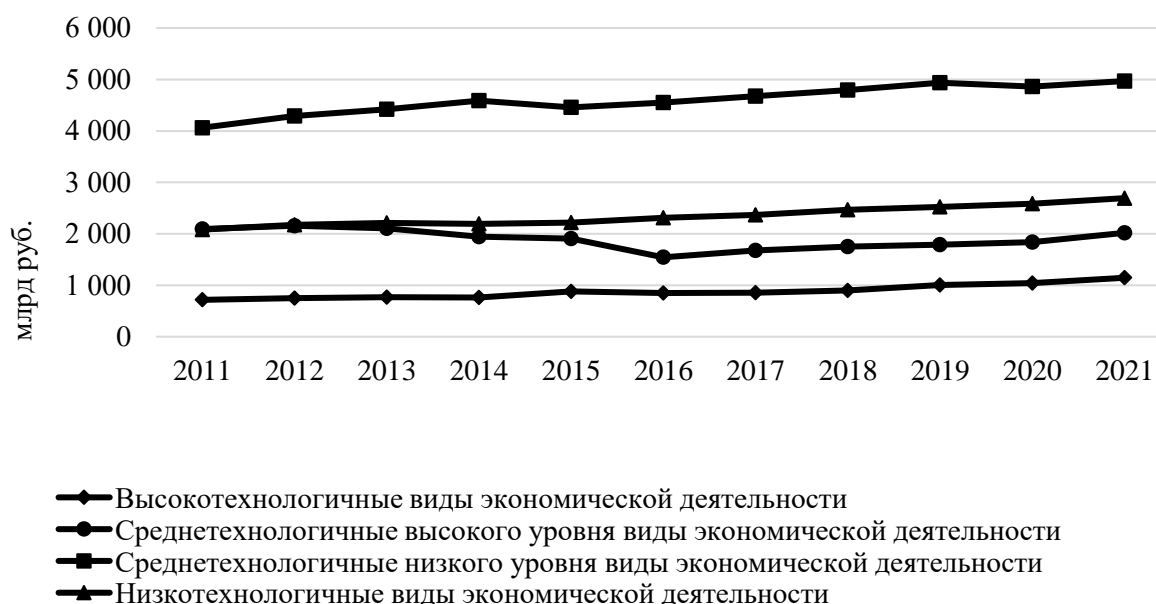


Рис. 1. Валовая добавленная стоимость по видам экономической деятельности России различной технологичности, млрд. руб., 2011-2021 гг. (в ценах 2016 года)

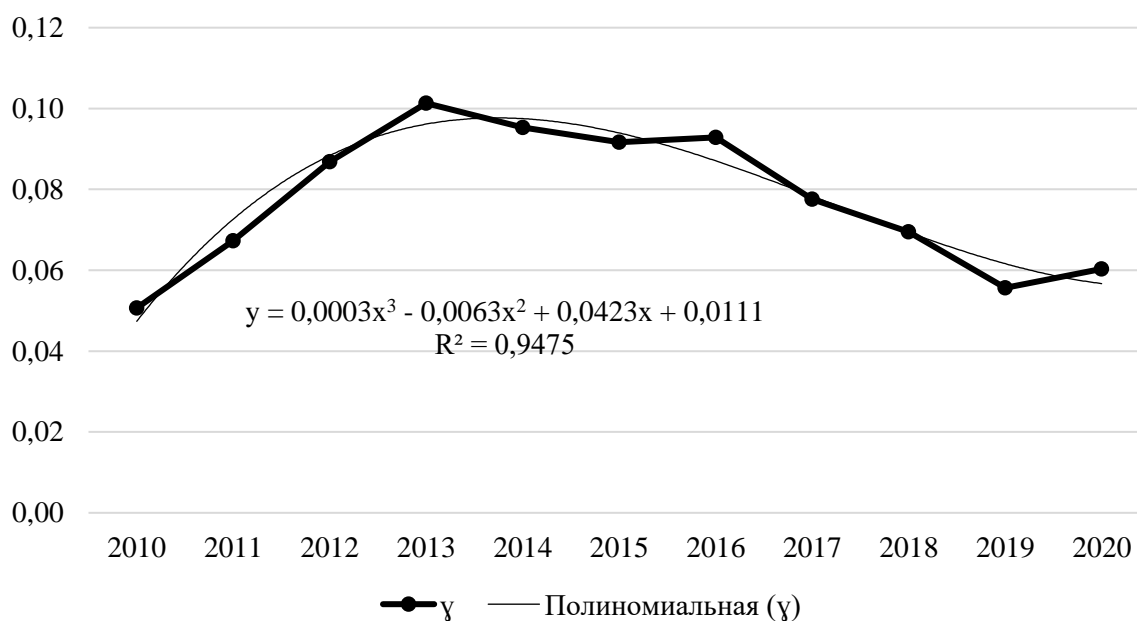


Рис. 2. Технологический уровень России, 2010-2020 гг.

Суммируя отметим: чтобы обеспечить обоснованное управление технологическим развитием, следует не только более точно и адекватно измерять технологичность крупномасштабной системы, но и изучать причины и факторы того или иного режима её динамики.

## Заключение

Подводя общий итог, отметим следующие выводы.

Во-первых, измерение технологического уровня крупномасштабной системы является на сегодня весьма несовершенным. Причина - наличие объективных трудностей интерпретации этого уровня, а также набор учётно-измерительных ограничений, вытекающий из организации современной статистической службы.

Во-вторых, применяемые оценки, могут сильно сказываться на принятии управленческих решений, реализации математических моделей, которые будут уводить от реальности. В частности, моделирование влияния НИОКР на рост по величине затрат на них в добавленной стоимости крупномасштабной системы, совсем не принимает во внимание то, какая доля из реализуется и превращается в технологии. Измерение инновационных продуктов также может включать набор несовершенств, например, предполагать учёт тиражирования инноваций, то есть, содержать отнюдь не «чистый результат». Все вместе, а также отсутствие чёткого представления о том, как именно инструменты управления влияют на технологическое обновление, включая неопределённость самой технологической сферы, даёт весьма большое искажение в области научно-технической политики и управления технологическим развитием.

Исходя из выявленных ограничений, требуется повысить аналитические усилия по совершенствованию критериев технологичности, их измерения, статистического учёта и интерпретации моделей и применяемого эмпирического анализа. Настоящий доклад осуществляет шаг именно в этом направлении.

По величине инвестиций в новые и старые технологии можно оценивать технологический уровень также условно. Однако, оценка чувствительности технологического обновления к этим видам инвестиций представляет важное направление в проектировании мероприятий инвестиционной и других видов политики, а также с точки зрения формирования инструментов управления крупномасштабной системой.

## Литература

1. Баранов В.В., Цвиркун А.Д. Управление развитием: структурный анализ, задачи, устойчивость // Автоматика и телемеханика. 2018, № 10. – С. 55-75.
2. Васильев С.В., Цвиркун А.Д. Проблемы управления развитием крупномасштабных систем в современных условиях/Пленарный доклад // Восьмая Международная конференция «Управление развитием крупномасштабных систем» - М.: ИПУ РАН им В.А. Трапезникова, 2015.
3. Глазьев С.Ю. Битва за лидерство в XXI веке. Россия, США, Китай. Семь вариантов ближайшего будущего. М.: Книжный мир. 2017. – 352 с.
4. Новиков Д.А. Методология управления. – М.: Либроком, 2012. – 128 с.
5. Новиков Д.А. Аналитическая сложность и погрешность решения задач управления организационно-техническими системами // Автоматика и телемеханика. 2018, № 5. С. 107 – 118.
6. Сухарев О.С. Экономическая динамика. Институциональные и структурные факторы – М.: Ленанд, 2015. - 240 с.
7. Сухарев О.С. Теория реструктуризации экономики – М.: Ленанд, 2016. – 256 с.
8. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем – М.: Наука, 1982. – 200 с.
9. Aghion P., Howitt P. Some Thoughts on Capital Accumulation, Innovation, and Growth // Annals of Economics and Statistics, No. 125/126. 2017. – P. 57-78.
10. Iamsiraroj S. The foreign direct investment–economic growth nexus // International Review of Economics & Finance. Vol. 42. 2016. – P. 116-133.
11. Gabardo F.A., Pereira J.B., Einloft P. The incorporation of structural change into growth theory: A historical appraisal // *Economía*. Vol. 18. 2017, № 3, 2017. - Pp. 392-410.
12. Vo L.V., Le H.T.T. Strategic growth option, uncertainty, and R&D investment // International Review of Financial Analysis. Vol. 51. 2017. – P. 16-24.