

## О СОЗДАНИИ КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ДЛЯ ПРОГНОЗА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ОБЛАСТЕЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

д.ф.-м.н. <sup>1</sup> Щербаков С.С.

<sup>1</sup> Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь, Минск, Белорусский государственный университет, Минск

**Введение.** Прогноз научно-технического прогресса (технологический форсайт) во многих странах стал основой для формирования стратегии социально-экономического развития [1-4]. Для Республики Беларусь подобный прогноз имеет особое значение, поскольку наша страна развивается в условиях высокой политико-экономической конкуренции. Для нас, как и для других стран с ограниченным доступом к ресурсам природным, основным ресурсом является научно-технический задел в наиболее перспективных областях исследований и разработок.

В настоящее время завершается подготовка Комплексного прогноза научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2021-2025 годы и на период до 2040 года для последующего совершенствования национальной научно-технической политики. Целью данного прогноза является выделение приоритетных направлений научного и научно-технического развития, а также определение перспективных инновационных продуктов, продуктовых групп и прорывных технологий.

Подготовка Комплексного прогноза основана на работе широкого круга экспертов соответствии с методом Дельфи [4], количественном и качественном библиометрическом и патентном анализе динамики международных и отечественных публикаций и заявок, а также маркетинговых исследованиях.

Эти традиционные подходы к созданию технологического прогноза могут быть эффективно дополнены созданием индекса перспективности научно-технической деятельности на основе анализа работ, зарегистрированных в Государственном реестре НИОК(Т)Р. Использование данного индекса позволит значительно сократить трудоемкость и время прогноза. Также индекс может быть полезен при мониторинге реализации Комплексного прогноза.

**Динамика отечественных публикаций и НИОК(Т)Р.** Рассмотрим такие области научно-технической деятельности как математическое моделирование, вычислительную математику, некоторые традиционные и сравнительно новые области механики для прогноза их перспективности. Данные области были выбраны в соответствии с рубриками Государственного рубрикатора научно-технической информации (ГРНТИ), представленными в табл. 1.

Прогноз перспективности указанных областей научно-технической деятельности будем делать на основе исследования динамики отечественных публикаций, фундаментальных (ФНИР), прикладных (ПНИР), опытно-конструкторских и технологических (ОКТР) работ, зарегистрированных в Государственном реестре НИОК(Т)Р, а также объемов их финансирования (см. табл. 1 и 2, рис. 1 и 2).

Таблица 1 – Количество зарегистрированных с 2007 по 2017 гг. работ в Государственном реестре НИОК(Т)Р и соответствующих публикаций

Рубрики	Количество работ				Публикации
	всего	ФНИР	ПНИР	ОКТР	
27.35 Математические модели естественных наук и технических наук. Уравнения математической физики;	201	49	151	1	553
27.41 Вычислительная математика;	77	37	40	0	41
30.51.41 Трибология;	34	6	25	3	111
30.51.43 Биомеханика.	28	9	19	0	87
30.17 Механика жидкости и газа;	242	65	159	18	165
30.19 Механика деформируемого твердого тела;	183	41	133	9	44
Трибофатика (ТФ)	60	2	52	6	623

Таблица 2 – Объемы финансирования работ, зарегистрированных с 2007 по 2017 гг. в Государственном реестре НИОК(Т)Р в млн. долл. США

Рубрики	объем финансирования			
	всего	ФНИР	ПНИР	ОКТР
27.35 Математические модели естественных наук и технических наук. Уравнения математической физики;	7,33	2,53	4,74	0,06
27.41 Вычислительная математика;	4,10	2,08	2,03	0
30.51.41 Трибология;	2,7	0,487	1,73	0,49
30.51.43 Биомеханика.	0,56	0,195	0,36	0
30.17 Механика жидкости и газа;	20,5	4,46	13,9	2,1
30.19 Механика деформируемого твердого тела;	6,51	1,20	4,17	1,1
Трибофатика (ТФ)	1,86	0,08	1,46	0,32

Из табл. 1 видно, что за десятилетний период в каждой из рубрик 27.35, 30.17 и 30.19 было зарегистрировано от 183 до 242 работ. Это может свидетельствовать о стабильной востребованности работ в широких традиционных областях математического моделирования и механики сплошных сред.

В рубриках 27.41, 30.51.41, 30.51.43 и по трибофатике [5,6] было зарегистрировано значительно меньше работ: от 28 до 77. Указанная разница отчасти может быть обусловлена тем, что такие популярные области как трибология биомеханика остаются сравнительно узкой нишей исследований в республике. При этом следует отметить относительно большое количество работ по трибофатике – новому по сравнению с остальными направлению, зародившемуся лишь в середине

восьмидесятых годов прошлого века. Также следует отметить небольшое количество работ по такому традиционно важному направлению как вычислительная математика.

Почти во всех рубриках преобладают прикладные работы, составляя от 65 до 75% от общего количества. Данных работ примерно в 2–4 раза больше чем фундаментальных, что свидетельствует о практическом значении большинства проводимых исследований. Исключение составляют рубрика 27.41 вычислительная математика, в которой количества ПНИР и ФНИР примерно равны, и трибофатика. Количество ПНИР в данной области составляет около 87%.

ОКТР для рубрик по механике за исключением биомеханики составляют примерно 7–8% от общего числа работ. С учетом превалирования ПНИР в общем количестве работ низкий процент ОКТР по механике может свидетельствовать о слабой связи с производством. При этом по трибофатике количество ОКТР составляет наибольшее значение: 10 %.

На рис. 1 и 2 отчетливо виден зигзагообразный характер динамики регистрации работ. Это обусловлено периодичностью (2, 3 и 5 лет) формирования государственных научных и научно-технических программ и подпрограмм. Максимумы 2011, 2014 и 2016 гг. соответствуют началу приема заявок для участия в программах, а минимумы 2010, 2013, 2015 и 2017 гг. соответствуют годам завершения заданий. Особый интерес представляет трибофатика, по которой значительное количество ПНИР было реализовано в интересах промышленных предприятий (холдинг «Гомсельмаш», ОАО «Гомельтранснефть Дружба») независимо от периодичности программ.

За последние десять лет количество регистрируемых работ по большинству областей научно-технической деятельности уменьшается или остается примерно постоянным. Исключение составляют только работы по трибофатике, трибологии и отчасти по биомеханике.

Слабая динамика исследований может быть объяснена сокращением внутренних затрат на научные исследования и разработки в республике (см. табл. 3). С 2007 по 2016 гг. наукоемкость *валового внутреннего продукта* (ВВП), определяемая как отношение данных затрат к ВВП, упала почти вдвое. В денежном выражении она сократилась за указанный период примерно на 40%.

Таблица 3 – Внутренние затраты на научные исследования и разработки в Республике Беларусь

Год	Наукоемкость ВВП	Долл. США (млн.)
2007	0,96	436
2016	0,50	262
2017	0,59	292

Что касается публикационной активности, то из табл. 1 и рис. 2 видно, что наибольшее число работ было опубликовано по трибофатике и математическому моделированию.

Несмотря на уменьшение с 2007 по 2017 гг. количества исследовательских работ и их финансирования, число публикаций росло практически по всем областям. Это свидетельствует о сохранившемся потенциале отечественных ученых и научных школ, который может быть применен для развития отечественных науки и технологий.

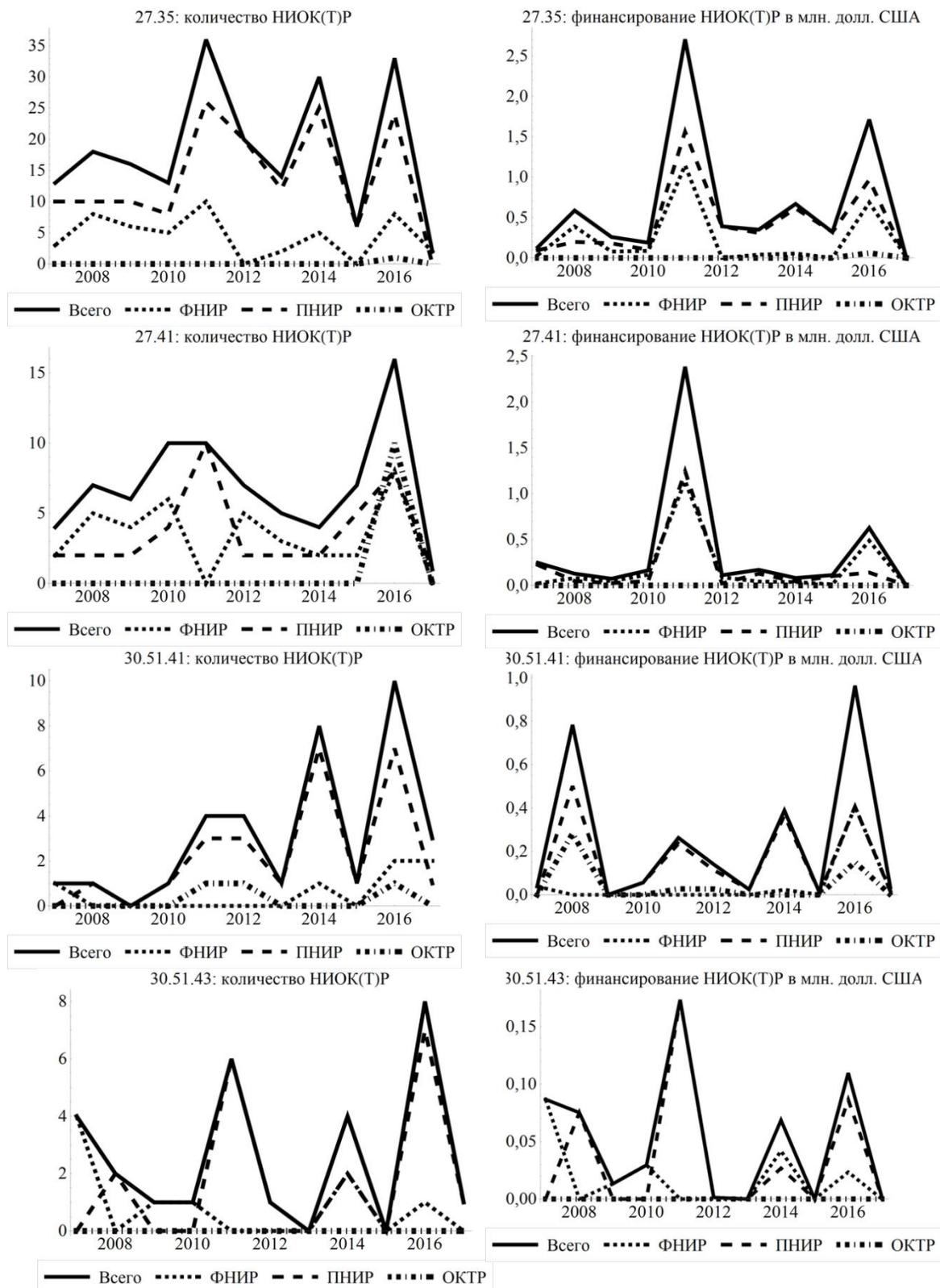


Рис. 1. Изменение во времени количества НИОК(Т)Р и их финансирования для областей 27.35, 27.41, 30.51.41, 30.51.43

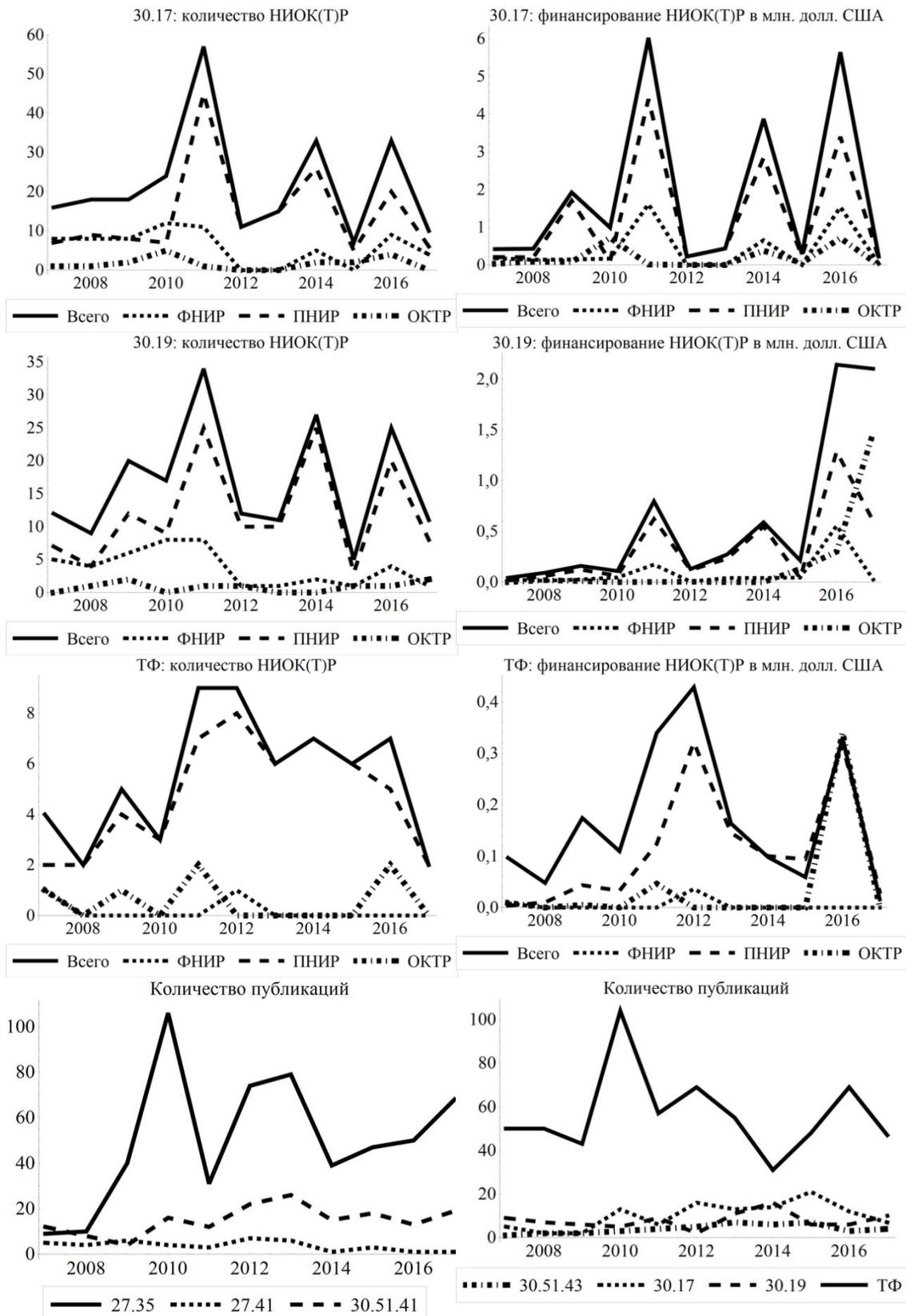


Рис. 2. Изменение во времени количества НИОК(Т)Р и их финансирования для областей 30.17, 30.19, ТФ, а также публикаций для всех областей

**Комплексный S-индекс перспективности области научно-технического развития.** Выбор наиболее перспективных областей научно-технического развития целесообразно проводить на основе комплексного показателя, учитывающего различные характеристики исследований и разработок.

Формирование комплексного S-индекса перспективности областей научно-технического развития будем проводить на основе показателей трех уровней и соответствующих моделей (см. табл. 4,5 и рис. 3,4).

Таблица 4 –Первичные показатели (1-го уровня)

Обозначение	Расчет	Описание
$M_k, k = R, F, L$	$M_k = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m k_j, j = 1, \dots, m$	Среднее за $m$ лет значение величины $k$ : количества работ ( $R$ ), объема финансирования ( $F$ ), числа публикаций ( $L$ ).
$D_k, k = R, F, L$	$D_k = \frac{M_k}{\sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (k_j - M_k)^2}}$	Отношение среднего за $m$ лет значения величины $k$ к ее среднеквадратическому отклонению
$a_k, k = R, F, L$	Тангенс угла наклона, прямой аппроксимирующей временной ряд величины $k$	Характеризует рост (падение) величины $k$ во времени
$AB_k, k = R, F$	Отношение общего числа ПНИР $k^A$ к ФНИР $k^B$ $AB_k = k^A / k^B$	Характеризует переход от фундаментальных к прикладным исследованиям
$OA_k, k = R, F$	Отношение общего числа ОКР $k^O$ к ПНИР $k^A$ $OA_k = k^O / k^A$	Характеризует переход от прикладным исследований к опытно-конструкторским работам
$E_{FR}$	Отношение полного объема финансирования $F_{sum}$ к общему количеству НИОК(Т)Р $R_{sum} E_{FR} = F_{sum} / R_{sum}$	Средний объем финансирования работы по области исследований и разработок
$E_{LF}$	Отношение общего количества публикаций к полному объему финансирования $E_{LF} = L_{sum} / F_{sum}$	Количество публикаций на 1 доллар США
$E_{LR}$	Отношение общего количества публикаций к общему количеству НИОК(Т)Р $E_{LR} = L_{sum} / R_{sum}$	Количество публикаций на 1 работу

В таблице 4 нормировка значения отдельного показателя  $f_i$  для  $i$ -й области проводилась путем отнесения его к своему максимальному значению среди всех анализируемых  $n$  направлений:

$$f_i^N = \frac{f_i}{\max_{1 \leq i \leq n}(f_i)}$$

Таблица 5 – Промежуточные показатели (2-го уровня)

Обозначение	Расчет	Описание
$I_k, k = R, F$	$I_k = \frac{1}{5}(M_k^N + D_k^N + a_k^N + AB_k^N + OA_k^N)$	Среднее нормированных показателей первого уровня для количества работ и объемов их финансирования
$I_L$	$I_k = \frac{1}{3}(M_k^N + D_k^N + a_k^N)$	Среднее нормированных показателей для количества публикаций
$E$	$E = \frac{1}{3}(E_{FR}^N + E_{LF}^N + E_{LR}^N)$	Среднее нормированных показателей для относительных показателей $E_k$

Расчет комплексного  $S$ -индекса перспективности области научно-технического развития (показателя 3-го уровня) проводился по следующей формуле

$$S = \frac{100}{4}(I_R^N + I_F^N + I_L^N + E^N) \quad (1)$$

Таким образом,  $S$ -индекс может принимать значения от 0 до 100.

Следует отметить, в  $S$ -индексе по аналогии с показателями 1 и 2-го уровня могут быть также учтены динамика и количество патентов, а также иные первичные показатели, позволяющие содержательно дополнить оценку перспективности.

Из рис. 3 и 4 видно, что для рассмотренных областей исследований и разработок наибольшие значения большинства частных показателей и  $S$ -индекса у следующих трех областей в порядке убывания: трибофатика ( $S=97$ ), трибология ( $S=74$ ), механика жидкости и газа ( $S=71$ ).

**Заключение.** В работе рассмотрено построение комплексного  $S$ -индекса перспективности области научно-технического развития.

При построении  $S$ -индекса как комплексного показателя использовались количество и динамика фундаментальных, прикладных и опытно-конструкторских работ, их финансирования и публикаций. Учитывались влияние государственных программ, переходы от фундаментальных к прикладным и от прикладных к опытно-конструкторским работам, соотношения публикаций к количеству работ и объему их финансирования.

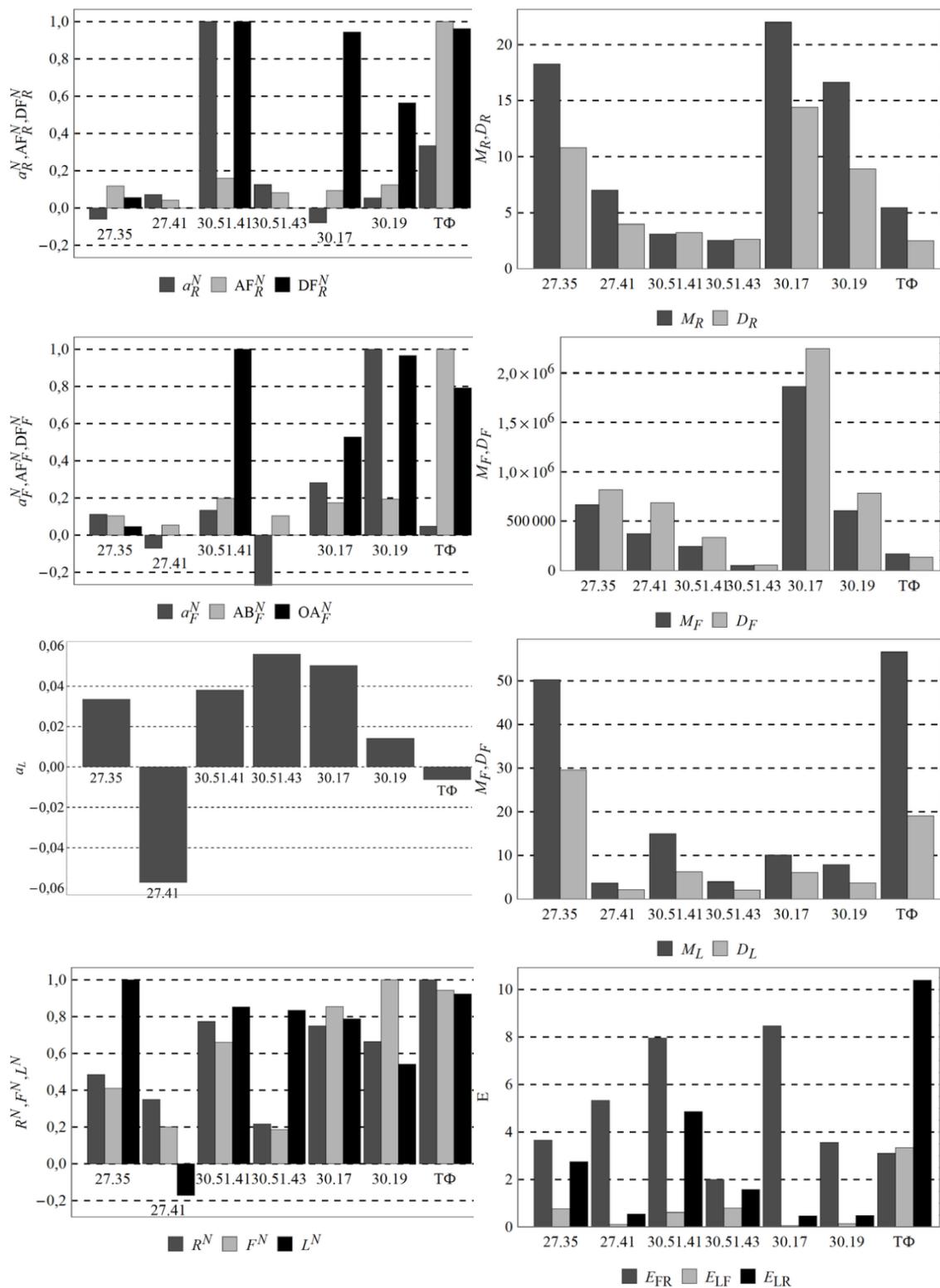


Рис. 3. Значения показателей 1-го уровня и 2-го уровня для различных областей научно-технического развития.

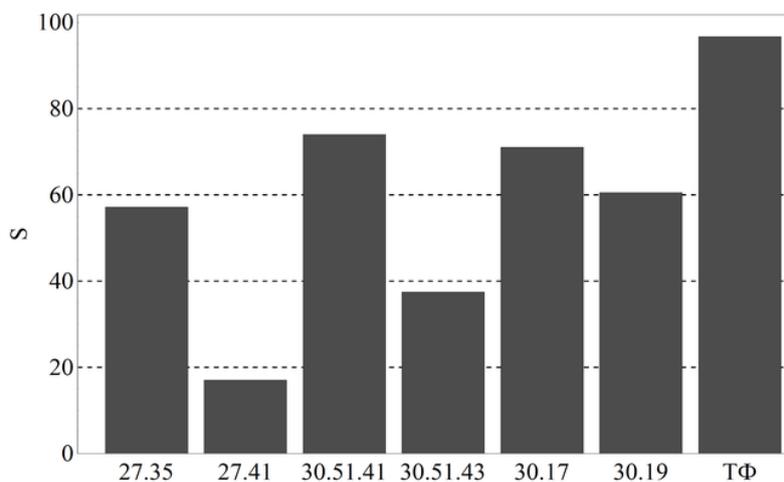


Рис. 4. Значения комплексного S-индекса перспективности для различных областей научно-технического развития.

Данный индекс был применен для прогноза перспективности исследований в некоторых областях математического моделирования, вычислительной математики и механики. Наибольшие значения большинства частных показателей и S-индекса у следующих трех областей в порядке убывания: трибофатика, трибология, механика жидкости и газа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Georghiou, L. The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice/ L. Georghiou, J. Cassingena Harper, M. Keenan, I. Miles, R. Popper– Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2008, 456.*
2. *Прогноз научно-технологического развития России: 2030 / под ред. Л.М. Гохберга. – Москва : Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. – 244 с.*
3. *Соколов, А.В. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года: ключевые особенности и первые результаты/ А.В. Соколов, А.А. Чулок // Форсайт. Т. 6. № 1. 2012. С. 12–25.*
4. *Соколов, А.В. Будущее науки и технологий: результаты исследования Дельфи/ А.В. Соколов // Форсайт. Т. 3. № 3. 2009. С. 40–58.*
5. *Щербаков, С. С. Механика трибофатических систем / С.С. Щербаков, Л.А. Сосновский. – Минск: БГУ, 2011. – 407 с.*
6. *Щербаков, С.С. Механотермодинамика и трибофатика: достижения и перспективы / С.С. Щербаков // Актуальные вопросы машиноведения. 2018 –№7. –С.18–26.*