

# Самоорганизация неголомного проектирования в эконофизике

С.Л. Степанов,

вед. инж.,

ОАО «Корпорация «Росхимзащита», г. Тамбов

А.С. Степанова,

магистр техн. и технол., ser23n2005@yandex.ru,

Центр лечебн. педагогич. и дифференц. обуч-я, г. Тамбов

Рассмотрены вопросы формирования стратегий не только технических, но и приоритетных, мировых организационно-экономических, в обеспечении перспективы развития страны. Предложено разрабатывать энергоэффективные высокотехнологичные технологии широкого применения с использованием самоорганизации при неголомном проектировании в эконофизике для Индустрии 4.0, Общества 5.0. Выделены приоритеты социально значимых технологий для рынка домохозяйств с кастомизацией уникальных технологий и изделий.

Examines the issues shaping strategies are not only technical, but also a priority of the global organizational and economic, in ensuring the prospects of development of the country. Encouraged to develop energy-efficient high-tech technology wide application of use of self-organization in management of design in provided for Industry 4.0, Companies 5.0. Priorities of socially relevant technology for the market of households with customization of unique technologies and products.

## Введение

В конце XX века в научном мире сложилось понимание того, что модель развития человеческой цивилизации, существующая на нашей планете и обеспечившая высокий уровень благосостояния населения развитых стран и основанная на законах рыночной экономики себя, исчерпала. Она не может быть повторена развивающимися странами, поскольку уровень потребления приведет к уничтожению жизненно важных ресурсов планеты, разрушению природной среды и в конечном итоге уничтожению человечества [1].

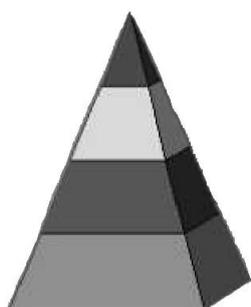
На конференции ООН в Рио-де-Жанейро сделан вывод о том, что нынешняя рыночно-потребительская модель стремительно ведёт к гибели всего человечества [2]. Это модель неустойчивого развития характеризует бездумную разработку и потребление природно-энергетических ресурсов биосферы.

В своей книге «Земля в равновесии» бывший вице-президент США и нобелевский лауреат Альберт Гор пишет, что сегодня миру необходима единая программа по переводу цивилизации на рельсы устойчивого развития. По его мнению, главными приоритетами устойчивого развития должны выступать: стабилизация численности населения Земли, быстрое создание и освоение экологически и экономически приемлемых технологий во всех отраслях материального производства, переход к новой экосистеме [1].

Для этого нужна новая парадигма проектирования с применением эконофизики для сложных организационно-технических систем и новых систем управления ими [3]. Термин «эконофизика» впервые употреблен американскими исследователями Р.Н. Мантенья и Г.Ю. Стенли в середине 1990-х гг. [4]. Выделяются два направления эконофизики: статистическая эконофизика, к ней можно отнести и квантовую эконофизику В.П. Маслова [5,6], и динамическая эконофизика (на основе базовых математических моделей).

В эконофизике общие закономерности самоорганизации описаны простыми (базовыми) моделями. Эту мысль в поведении сложных систем высказали С.П. Капица, С.П. Курдюмов и Г.Г. Малинецкий: «Почему простые модели и теории работают в нашем безумно сложном мире? Все дело в том, что происходит самоорганизация. Сложные системы имеют очень много степеней свободы. Однако все устроено так, что в процессе эволюции выделяются несколько главных, к которым подстраиваются все остальные. Эти главные степени свободы называются параметрами порядка. Когда этих параметров немного, есть шанс описать сложную систему просто» [7].

Н.Н. Семёнова обратила внимание, что на Западе применяют иерархию технологий, рис.1 [8]. Высший уровень в развитых странах занят социально значимыми технологиями для рынка домохозяйств, в то время как Россия увлеклась техногенными технологиями, забыв социально значимые технологии. При этом, Й. Шумпетер разделил все продукты на три категории - товары первой необходимости, – товары не первой необходимости, – товары престижного потребления для домохозяйств.



Социально значимые

Топ-технологии

Метатехнологии

Технологии (базовые)

Прорывные исследования, задающие перспективы изменения всей производственной инфраструктуры, осуществляются на стыке нескольких отраслей научного знания, становятся междисциплинарными, надотраслевыми. Происходит конвергенция областей науки и топ-технологий. Научные направления и предмет исследования становятся все сложнее правильно идентифицировать и описать в привычных системах классификации отраслей научного знания [9]. Метатехнологии – сумма больших технологий. Базовые технологии – опережающие технологии.

рис. 1 Иерархия технологий

Так как изделия и системы определяет триада – информация, энергия, материалы, а конечный продукт материален, существует определенная масса, которая ни при каких условиях не может быть заменена ни трудом, ни энергией. Иными словами, имеет место предел, выше которого капитал не способен заменить природные ресурсы,

используемые в производстве продукции. По оценкам американских ученых, до половины валового национального продукта США в XX веке было произведено без учета реальных потребностей общества. Причем в США, где проживает менее 6 % населения планеты, приходится свыше 40 % мирового загрязнения среды [1].

В последние сто лет преобразования приобрели взрывной характер. Известно, что с 1897 по 1997 год скорость передвижения возросла примерно в сто раз, мощность источников энергии в тысячу, мощность оружия в сто тысяч раз, скорость обработки информации в миллионы раз. Получать высокие результаты и повышать эффективность производства, на основе устоявшихся методов и традиционных источников, невозможно.

Сохранить человеческую цивилизацию можно путем перехода к другой модели развития, в которой в основу всех социальных и экономических отношений будет положен принцип гармонии, обеспечения права на достойное существование как нынешнему поколению людей, так и будущим ее обитателям.

Такая модель общественного устройства названа устойчивым развитием (sustainable development)].

Вернадский выдвинул идею *мирового устойчивого развития*. Идея устойчивого развития, как она осуществляется в наше время, приспособлена только для стран «золотого миллиарда». Вернадский по-новому отнесся к *живому веществу*, которое обеспечивает обмен атомов на Земле между живой и неживой природой, между организмами и косным веществом [10].

В США преимуществами дают людям, которые мыслят категориями 6 ТУ, обладают его психологией. Американцы создают мечту. Все ведь начинается с мечты, а не с зарабатывания денег, как думают либералы. А на основе мечты рождается и план. Американцы сначала порождают стратегии и мегапроекты, а потом – нужные для них инновации. Понимая, что прежняя траектория развития мира закончилась, американцы организовали Институт сингулярности. Основатель - Р. Курцвейль, 2009 год. Спонсоры - «Google» и NASA. Активное участие принимает Департамент передовых разработок Пентагона - DARPA.

### Постановка задачи

Новые продукты и технологии первоначально создаются на основе старых технологий. Поэтому следующей стадией в развитии нового способа проектирования становится создание собственного технического фундамента для новых средств массового производства. В них получает свое новое технологическое *воплощение организующая* функция информации. На новом фундаменте формируются, в соответствии с алгоритмом академика А.Н. Колмогорова, более сложные технологии преобразования природных ресурсов в полезные продукты. Возникает новая инфраструктура производства, в связи с чем, в соответствии с теоремой Шеннона — Хартли, перестраивается вся совокупность хозяйственных связей и формируется единая четырех-компонентная система *наука-техника-производство-человек* [11].

Процессы проектирования сейчас строятся без учета физических, психических и интеллектуальных возможностей человека, а только *в соответствии с открытыми наукой естественными законами движения материи и преобразования энергии*. Весь технологический процесс создания продукта разлагается на составные части, в соответствии с материальной природой. Проблема выполнения каждого частичного процесса и соединения их совокупности в единое целое разрешается путем технического применения научных знаний.

Производство стало технологическим применением науки, а наука – основной движущей силой совершенствования производства, при этом создаваемые при проектировании новые продукты рожают новые материальные потребности. В настоящее время, в результате автоматизации и глобализации производства, быстрее развиваются *антитехнологии, отрицающие материальные* потребности, всевозможные отходы, вносимые обратно в окружающую среду [12]. Приоритеты мировых центров научно-технического развития в табл. 1.

Таблица 1

Приоритеты мировых центров научно-технического развития

Область знаний	США	Германия	Япония	Франция	Велико-британия	Китай
Медицина и биотехнологии	Медицина и биотехнологии	Медицина	Инновации для жизни	Медицина и биотехнологии	Медицина	Медицина Система производства с/х продукции с высокой добавленной стоимостью
ИКТ	ИКТ	Коммуникационные технологии		ИКТ	Креативные отрасли	Система всепроникающей информационной сети
Новые материалы	Композитные материалы	—	Композитные материалы	—	—	Композитные материалы
Зеленые технологии	Экологически чистая энергетика	Экология/ энергетика	Переработка отходов, альтернативная энергетика	Переработка отходов, чистая вода, альтернативная энергетика	Переработка отходов, альтернативная энергетика	Устойчивая ресурсная база, атомная энергетика
Производственные технологии	Управление сложными системами	—	Робототехника, обработка металлов	—	—	Технологии умного производства
Другое	Технологии космические и авиационные	Мобильность	Науки о Земле, технологии скоростного железнодорожного движения	Атомные и термоядерные технологии, технологии скоростного железнодорожного движения	Креативные отрасли	Использование потенциала космоса и океана
	Оборонные технологии	Безопасность				Система безопасности, оборона
						Технологии транспортной отрасли

Источник: A Strategy for American Innovation. Securing Our Economic Growth. National Economic Council, Council of Economic Advisers, and Office of Science and Technology Policy, 2011; Creative Industries. Strategy 2009-2012, Technology Strategy Board; Japan's Science and Technology Basic Policy Report. Council for Science and Technology Policy, 2010; National Research and Innovation Strategy. Ministry for Higher Education and Research, France, 2010; Research and Innovation for Germany. Results and Outlook. Federal Ministry for Education and Research, 2009

Закономерности развития систем таковы, что развитие происходит не только в виде смены стабильных периодов, но и скачкообразно, при которых происходят резкие качественные переходы, приводящие к структурной перестройке системы в целом и становлению новой технологической базы современного проектирования и производства. В нашем случае – переход к шестому технологическому укладу (6 ТУ) [13]. Точность выбора перспективных направлений развития системы определяется преимущественно свойствами самой системы, изменяемыми и качественно развиваемыми от одного технологического уклада (ТУ) к другому.

В техносфере столкнулись с парадоксом планировщика. Допустим, у нас есть очень хорошие модели, очень хорошая стратегия и очень хорошие решения, рассчитанные на 5 лет. Спрашивается, а что будет через 10 лет? Эти стратегии через 10 лет могут быть уже неэффективны, а через 20 лет - преступны. Поэтому возникает вопрос: сколько мы собираемся жить, как мы собираемся усреднять? Нужно четко ставить задачу, что мы хотим получить, и в зависимости от постановки задачи, мы получим другие уравнения и другие модели развития.

## Проблема

Одна из важных проблем, возникающих при формировании стратегий развития в российской промышленности – несовершенство инструментария для оценки *вариантов траекторий технологического развития* технических решений, предлагаемых к реализации.

Второй проблемой является необходимость оценивать не только чисто технические аспекты, но и связанные с ними организационно-экономические особенности перспективности данного производства в мире.

## Цель работы

Разработка энергоэффективных (не увеличивающих скорость выхода) высокотехнологичных технологий широкого применения для самоорганизации неголомного проектирования, в котором имеются две независимые скорости, по приоритетным направлениям 6 ТУ, использующих парадигму эконофизики.

## Особенности реализации

Изучение процессов проектирования, как потоковых процессов, расширяет возможности применения системного подхода в эконофизике, рассматривая ее не изолированно, а в целостности.

Новое понимание эконофизики возникло на основе теории систем, термодинамики открытых систем и является наиболее «физическим». Это понимание восходит к работам А.А. Богданова, В.И. Вернадского [14,15].

Обобщение подходов к разработке методов и оценки сформированных управленческих структур позволило предложить конкретную схему формирования метода **неголомного проектирования** высокотехнологичного уклада. При неголомном проектировании имеются две независимые скорости: разработка продукции и выпуск её на рынок. Первая скорость определяется необходимым временем и ресурсами на разработку и выпуск продукции, скоростью её изготовления, а вторая – гарантийным сроком службы. В процессе исследования и принятия решений в неголомном проектировании устройств и технологий важно определить необходимые методы и этапы, особенно робастной оптимизации, уменьшающей уровень шумов системы и, соответственно, ее качество. Однако в этой модели не учтен идущий сейчас процесс перехода к технологиям и системам 6 ТУ [16].

Не будет сверхзадачей и другое направление, ориентированное на создание новых технологий, направленных на расширенное производство, на создание новых товаров и услуг по имеющимся направлениям развития, так как здесь человечество столкнется с жесткими ресурсными ограничениями.

## Решение

Известно противоречие: Ресурсы – Потребности (Р/П, рис.2). На определенном этапе, когда потребности человека превысят ресурсные возможности  $P < \Pi$ , в системе возникает катастрофическая ситуация. В этом случае тактическая цель системы удовлетворение материальных потребностей человека входит в противоречие с общей целью устойчивости системы - обеспечение её эффективной деятельности.

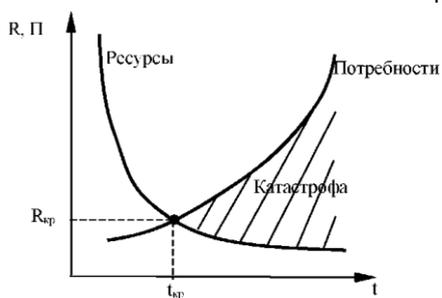


рис. 2 Противоречие: Ресурсы – Потребности

Математическое моделирование описывает параметрический синтез, ему удастся одномерная и многокритериальная оптимизация в этой области, но оно бессильно предложить новые решения, связанные с возникновением другого лучшего инновационного проекта. Оптимизация может стать эффективнее, если бы существовала возможность находить оптимальную структуру проектируемой системы еще на концептуальном уровне, до рабочего проектирования.

В проектировании США (R&D) применяют три стратегии проектирования изделий и систем, рис.3. Предприятие не в состоянии функционировать, используя исключительно одну стратегию проектирования — модульную, платформенную или индивидуальную. Решение о выборе любой из стратегий влияют не только характеристики системы, изделия, но и технологический и технический опыт данного предприятия, уровень имеющихся знаний и ее относительное позиционирование на рынке. С учетом тенденций развития техники и технологии (Индустрия 4,0; Общество 5,0) – кастомизированное производство на фабриках будущего («умных» фабриках) [17,18]. За индивидуальным массовым проектированием и производством – будущее.

Россия должна обладать «эффективностью», в отличие от «продуктивности» и «результативности». Эффективность предполагает введение в стране ответственности в своих действиях при развитии соответствующих технологий, с применением критериев системного и надсистемного типов.

Следовательно, Россия должна обеспечить общую успешность страны, ее привлекательность для других стран, надежность в реализации функций безопасности и развития [19].

Гармоничное взаимодействие технического и экономического начал в эконофизике дает синергетический эффект от их использования. При этом использование инженерной методологии, основывающейся на естественно-научных концепциях (использование в экономике методов «наук с устоявшейся репутацией»), по словам академика Л.И. Абалкина [20], усилит их конструктивную, созидательную направленность, минимизирует стязательскую составляющую в деятельности управленцев. С другой стороны, применение экономических критериев непосредственно при формировании инженерных решений повысит их качество и, как следствие, конкурентоспособность отечественных изготовителей продукции в высокотехнологичных отраслях.

На смену эпохе массового производства, которое началось с XX-го века, приходит эпоха кастомизации [21].



рис. 3 Сравнение трех стратегий проектирования изделий в США

Кастомизация (customization) — изготовление массовой продукции под конкретный заказ путем её комплектации дополнительными элементами или принадлежностями. Основная задача кастомизации — создать у потребителя ощущение, что работа делается лично для него и удовлетворяет его личные потребности.

Кастомизация считается идеалом взаимодействия по линии «поставщик товаров/услуг — клиент» не только по этическим соображениям, но и экономически выгоден, поскольку обеспечивает конкурентное преимущество благодаря созданию более высокой стоимости (ценности) для клиента. Данная концепция получила научное развитие под названием «сервисная/умная» фабрика. Основным инструментом является взаимодействие между изготовителем и потребителем – CRM-системы.

Уникальность продукции можно обеспечить с помощью:

- замены отдельных компонентов продуктов на более качественные;
- доведения до более высокого уровня отдельных систем, с обеспечением их лучше качество;
- изготовление всех компонентов по индивидуальному заказу;
- подгонки элементов, обеспечивающих лучшие характеристики с помощью согласования элементов.

В результате получаются изделия высокого качества с эксклюзивными характеристиками, удовлетворяющие индивидуальные потребности человека. Цена такого изделия будет определяться затратами на производство и готовностью покупателя оплачивать свои амбиции, а не функциональными требованиями к товару.

При кастомизации происходит переоценка реальных качеств товара. Цена определяется не по себестоимости, а качеству восприятия. На разных этапах жизни (достижение определенного возраста, статуса или положения в обществе) оценки могут меняться. Достижение значимости и признания своей социальной группы является одним из главных факторов мотивации заказа кастомизированных продуктов.

Типы кастомизации:

- **Индивидуальная (экспертная).** Создание продукта под индивидуальные потребности конкретного клиента. Подходит для продуктов элитного сегмента и связана с высокими затратами.
- **Модульная.** Используется, если товар может быть разделен на составные части или компоненты. В таком случае потребитель может выбрать свой вариант комплектации элементов системы.
- **На уровне внешнего вида.** Покупатель может выбирать тип упаковки или расфасовки.

В рамках новой технологической парадигмы 6 ТУ проектирование и производство становится цифровым (безбумажным), автоматизированным и роботизированным (безлюдным), безотходным, кастомизированным и более распределенным территориально на фоне растущего сетевого взаимодействия в экономике и обществе.

Новая структура управления вырастает из старой в силу того, что существовавшие системы управления уже не в состоянии решать новые задачи, инициированные изменившейся внешней средой. Этапы не следуют строго друг за другом, а взаимосвязаны информационно. На основе выбранного критерия производится окончательный выбор структуры управления негетерогенного проектирования проектом.

**Формализация** процесса принятия решений в сложной, слабо организованной внешней обстановке, при современном состоянии системного анализа, теории управления и теории принятия решений, с учётом второго закона К. Гёделя о неполноте, не может быть проведена. В методику проектирования, кроме имеющихся этапов ЕСКД и ЕСТД, предложены дополнительные этапы робастного проектирования, по Г. Тагути, Япония [22].

Предположим, что рассматривается динамика развития  $n$  технологий (последовательно сменяющих друг друга технологических укладов или отдельных инноваций – содержательный их смысл (в рамках рассматриваемой модели одинаков) на плановый горизонт  $T$ , который фиксирован и считается известным. Динамика развития  $i$ -ой технологии (ее жизненный цикл) описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\dot{x}_i(t) = \{ \gamma_i(x_{i-1}(t), u_i(t)) x_i(t) [Q_i - x_i(t)] \} I(t \geq t_i) \quad (1)$$

где:  $I(\bullet)$  – функция-индикатор,  $t \in [0; T]$ ,  $u_i(\bullet)$  – управление (инвестиции),  $Q_1 \leq Q_2 \leq \dots \leq Q_n$  – известные предельные уровни развития технологий (технологические пределы - разность между «соседними»

технологическими пределами характеризует технологический скачок),  $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$  – упорядоченному множеству технологий,  $t_i = 0 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n \leq T$  – конечная последовательность моментов «переключения» - перехода от одной технологии к следующей. Зададим начальные и конечные условия:

$$x_1(0) = x_0 \geq 0, \quad x_i(t) = 0, \quad t \in (t_{i-1}, T].$$

$$x_i(t_i) = \max[x_0, x_{i-1}(t_i) - q_i], \quad i \in N, \quad (2)$$

Содержательно, моменты времени  $\{t_i\}_{i \in N}$  соответствуют «переключению» (переходу) на новую технологию, известные величины  $\{q_i\}_{i \in N}$  – потерям, связанным с переходом,  $u_i(\bullet) \geq 0$  – динамике изменения ресурсов, вкладываемых в развитие технологий,  $i \in N$ . Динамика  $i$ -ой технологии описывается обобщенным логистическим уравнением (1) со скоростью роста, описываемой известной функцией  $\gamma_i(x_i(t), u_i(t))$ , зависящей от уже достигнутого на предыдущем этапе уровня  $x_i(t)$  развития (точнее - «стартового» для данного этапа уровня - (1)) и количества ресурсов  $u_i(\bullet)$ .

Траектория  $x(t) = x_i(t)$ ,  $t \in [t_i; t_{i+1})$ , характеризует уровень развития технологий. Определим достигнутый к концу планового горизонта  $T$  уровень развития технологий  $X(T)$ :

$$X(T) = \max_{i \in N} \{x_i(T)\} \quad (3)$$

В результате, используя все потенциальные возможности технологий проектирования стран с различными технологическими укладами, мы получаем интегрированную систему проектирования, включающую не только само проектирование, но и встроенную взаимосвязь самого проектирования с рынком покупателей.

### Заключение

Для обеспечения лидерства и устойчивого развития производства необходимо изменение парадигмы проектирования, как наиболее значимого для производства, а технологии производства являются определяющими в себестоимости продукции. Синтез новой системы проектирования, в конечном итоге, приводит к значительной экономии всех ресурсов, что и требуется в эконофизике. При этом новый ТУ существенно преобразовывает интеллектуальные способности человека и социальную структуру общества в новые потребности.

Перед началом проектирования следует учитывать мировые и отечественные тенденции развития.

Проектирование должно создавать полезный продукт, удовлетворяющий какую-либо общественную потребность, создавая потребительскую стоимость, которая служит носителем стоимости.

В проектировании учитывать приоритеты: вначале – социально значимые технологии и продукты, затем топ-технологии, метатехнологии и в конце, по эффективности, базовые технологии с простыми продуктами.

Основным направлением следует считать кастомизацию проектирования и производства для создания уникального изделия высокого качества с эксклюзивными характеристиками, удовлетворяющими индивидуальные потребности человека, по индивидуальному заказу, при изготовлении всех компонентов на 3D принтерах.

### Литература

1. Al. Gore. Earth in the balance. Ecology and the Human Spirit. Boston, N.Y., L:Houghton Mifflin Company, 1992. 407 p.
2. Agenda 21, ch. 17, para. 49(e). Agenda 21 is found in Report of the United Nations Conference on Environment and Development (Rio de Janeiro, 3–14 June 1992), 5 vols. (New York: United Nations, 1992), or online at <[www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm)>.
3. Stepanova A.S., Muromtsev D.Yu. Application of self – organizing of the information designing in econophysics. USA. Fredonia, New York, USA. 2010. p. 102-105. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1868042>
4. Mantenga R.N., Stanley H.E. *Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance*. Cambridge University Press, 2000, 147 p.
5. Маслов В.П. Эконофизика и квантовая статистика. Математические заметки. -М., 2002. -Т72, № 6. -С. 883-891.
6. Романовский М.Ю., Романовский Ю.М. Введение в эконофизику: статистические и динамические модели. -М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. - 340 с.
7. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. - М.: Едиториал УРСС, 2003. - 288 с.
8. Семёнова Н. Н. Мировые технологические приоритеты//Альманах РИЭПП. - М.: Языки славянской культуры, 2007. - Вып. 2. - С.128—140.
9. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее//Российские нанотехнологии. 2011. № 1-2. - С. 13-23.
10. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление//Биосфера и ноосфера. - М., 2002. - С. 337.
11. Юнь О.М. Планирование: уроки истории и перспективы. - М.: РГНФ, 2014. - 654 с.
12. Юнь О. М. Восхождение к информационному обществу. - М.: Экономика, 2012. - 911 с.
13. Глазьев С.Ю. Стратегия опережающего развития РОССИИ в условиях глобального кризиса. Монография. - М.: Экономика, 2010. - 287 с.
14. Богданов А. А. Тектология. Всеобщая организационная наука. Кн. I. - М.: Экономика, 1989. - 304 с.
15. Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление. - М.: Наука, 1991. - 152 с.
16. Степанова А.С., Муромцев Д.Ю. Методика негोलомного проектирования (свидетельство). Свидетельство интеллектуального продукта №72200900001. М. 2009.
17. Егоров Н. Как интернет привел промышленность к революции? «Умное производство»: компании выбрали «Индустрию 4.0». <https://www.gazeta.ru/prcom/2017/06/02/10704923.shtml>
18. Соьер Питер. От Индустрии 4.0 к Обществу 5.0. <https://www.osp.ru/cw/2017/04/13051715>
19. Анисимов О.С. Организмический образ будущей России. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0033/001a/00331794.htm>
20. Абалкин Л.И. Россия: поиск самоопределения. - М.: Наука, 2002. - 424 с.
21. Певзнер Л. Кастомизация –закономерный этап в развитии техники. 2016. <http://triz-8%D%B8-110416.pdf>
22. Леон Р. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути/Р. Леон, А. Шумейкер, Р. Какар, Л. Кац., М. Фадке, Г. Тагути и др.. Пер. с англ. – М.: СЕЙФИ, 2002. -384 с.