

**М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова**

Институт прикладного системного анализа НТУ Украины «КПИ»  
Проспект Победы, 37, 03056 Киев, Украина

## **Стратегия инновационной деятельности на основании методологии технологического предвидения**

*Приведена методология сценарного анализа, реализация которой базируется на последовательном выполнении основных этапов процесса технологического предвидения. Это позволяет сформировать целостный процесс предвидения и разработать группу сценариев будущего поведения объекта исследования. На основании предлагаемой методологии проводится выявление приоритетов критических технологий по направлению «Энергетика и энергоэффективность» в Украине.*

**Ключевые слова:** технологическое предвидение, инструментарий, сценарный анализ, принятие решений, энергосберегающие технологии.

Успехи реформ, темпы и результаты социально-экономических процессов решающим образом зависят от того, насколько глубоко и всесторонне мы разберемся в вопросах, которые определяют стратегию последующих экономических преобразований. В современных условиях глобальной конкуренции недостаточно только перенести в будущее наработанные уникальные научно-технические достижения в отрасли высоких технологий, в частности, в отрасли электросварки, материаловедения, авиастроения и ракетно-космических технологий, а также фундаментальные достижения кибернетики, физики, математики, механики, биологии и других наук. Намного более важно всесторонне и системно проанализировать причины и факторы, которые сдерживают инновационное развитие науки и техники, обеспечить возможности и условия для рационального использования потенциальных возможностей науки и указать пути их достижения.

### **Технологическое предвидение — механизм активизации инновационного развития**

Опыт ведущих стран мира свидетельствует, что успех в социальной и экономической деятельности государства в современных условиях глобализации мировой экономики во многом обеспечивается высокими темпами инновационного развития научно-технического и производственно-технологического потенциалов и высоким уровнем конкурентоспособности национальной наукоемкой продукции на мировом рынке. Во многих странах для выработки долгосрочного видения инновационного развития промышленности, науки и техники, как основных составляющих экономики, используют методологию технологического предвидения [1]. На ее основе осуществляется систематический процесс «идентификации» ключевых будущих технологий (критических тех-

нологий), чтобы помочь представителям высших руководящих органов экономической сферы государства, отраслей промышленности или отдельных учреждений и компаний, в формировании наиболее эффективной научно-технической политики и планировании ее развития.

Правительства всех стран постепенно вынуждены «втягиваться» в процесс технологического предвидения, потому что успешное использование достижений науки и техники все более зависит от создания эффективных связей между промышленностью, предприятиями, исследовательскими организациями, банковской и финансовой сферами, бизнесом, инновациями, просветительскими структурами и отраслями власти, ответственными за технологическое развитие общества (рис. 1). Технологическое предвидение является основой для установления и укрепления подобных связей, способствуя согласованию и реализации национальной и региональных инновационных систем, повышая их эффективность. Технологическое предвидение предлагает механизм для достижения подобной цели. Оно способствует общению участников системы, обсуждению проблем, которые имеют долгосрочный взаимный интерес, координации соответствующих стратегий и в некоторых случаях — сотрудничеству. Таким образом, технологическое предвидение становится средством активизации национальной и региональной систем инновационного развития, играя роль очень важной методологии инновационного развития современного общества как на национальном или региональном уровне, так и на уровне отдельных отраслей промышленности или больших организаций и компаний. Практика использования методологии предвидения базируется, в первую очередь, на использовании интуиции, опыта, знаний, умений экспертов проводить опыты в разных предметных областях при решении задач стратегического планирования и принятия решений.

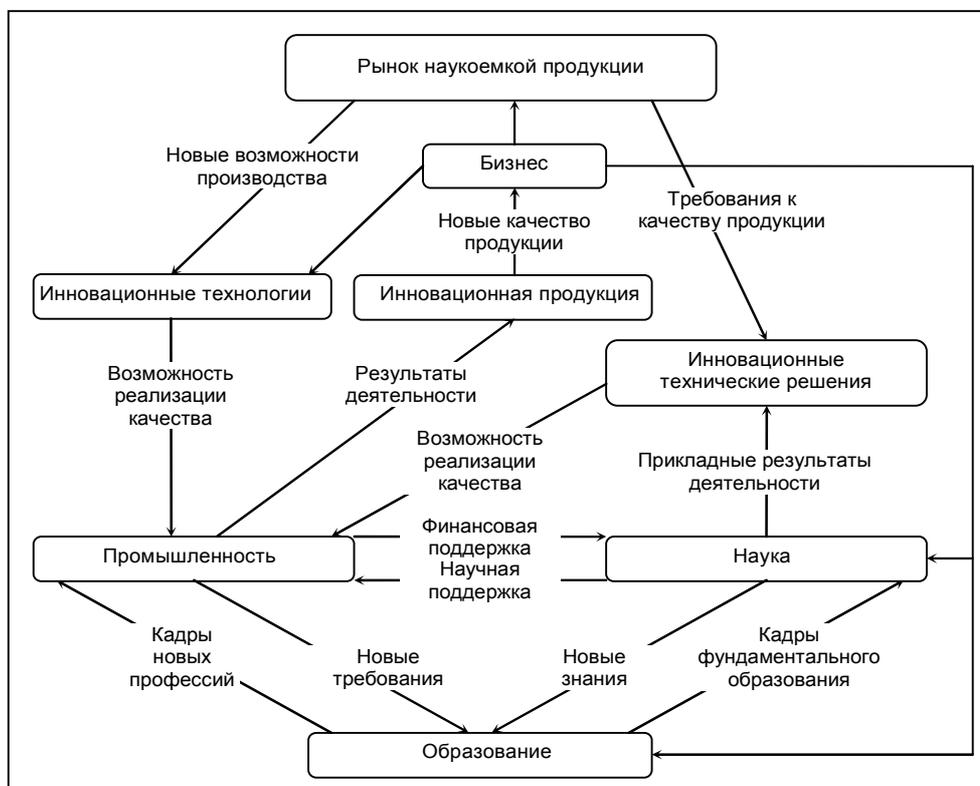


Рис. 1. Структура системных взаимосвязей субъектов инновационной деятельности

Применение методологии технологического предвидения к проблемам инновационного развития отдельных отраслей производства, больших городов и регионов выполняется в Институте прикладного системного анализа НТУУ «КПИ» Минобразования и науки Украины и Национальной академии наук Украины (ИПСА) в пределах Отраслевой инновационной программы Научного парка «Киевская политехника», которая утверждена Распоряжением Кабинета Министров Украины от 19 сентября 2007 года № 760-р «Об одобрении инновационных программ Научного парка «Киевская политехника» за 2007–2011 г.» и отвечает среднесрочным приоритетным направлениям инновационной деятельности в информатизации общества, комплексному анализу и стратегическому планированию развития систем обеспечения больших городов и регионов Украины. В пределах этой программы на основе разработанного инструментария решения проблем технологического предвидения строятся альтернативы сценариев желаемого будущего относительно инновационного развития регионов, больших городов, предприятий, непосредственно выполняется моделирование путей решения стратегических проблем г. Киева, главных проблем АР Крым, предприятия ОАО «АрселорМиттал Кривой рог» и др.

### Сценарный анализ как методологическая основа предвидения

Формально под объектом предвидения будем понимать некоторую сложную систему с человеческим фактором, в качестве которой могут выступать компания, предприятие, отрасль промышленности или страна в целом, объединяющая некий социум (человека или любые социальные группы) с технологической, экологической, экономической и другими компонентами, характерными для таких систем. Можно считать, что предвидение — это процесс принятия решений для сложных систем с человеческим фактором, относительно возможного их поведения в будущем. Такой процесс сводится к применению отдельных методов в определенной последовательности с установлением четко определенных взаимосвязей между ними. Этот процесс формируется с помощью универсальной системной методологии, известной как сценарный анализ [2, 3].

Принятие решений, касающихся будущего поведения сложных систем с человеческим фактором, связано с рядом особенностей. Прежде всего, эти системы могут быть подвержены различного рода внешним влияниям и ограничениям: законодательным, политическим, экономическим и др. Системы с человеческим фактором состоят из подсистем различной природы со сложными взаимосвязями между ними как количественного, так и качественного характера. Их функционирование происходит в соответствии с множеством различных целей, которые в большинстве случаев конфликтуют между собой. Для таких систем характерны существенные неопределенности данных и информации, их поведению присущи различного рода риски. Экспертные суждения (оценки) относительно их качественных характеристик всегда имеют субъективный характер. При этом с учетом всех указанных особенностей таких систем, относительно их поведения в будущем должны приниматься вполне определенные решения в виде сценариев и стратегий их развития.

Построение таких сценариев обеспечивается с помощью универсальной совокупности средств и подходов, названной *методологией сценарного анализа* [4]. Методология сценарного анализа, схема реализации которого представлена на рис. 2, базируется на последовательном выполнении основных этапов процесса технологического предвидения. На первом этапе изучаются проблема и объект предвидения с помощью методов качественного и количественного анализа, затем качественная и количественная

информация приводится к единой платформе. Определяется последовательность использования отдельных методов, и устанавливаются взаимосвязи между ними. Это позволяет далее сформировать целостный процесс предвидения и разработать группу сценариев будущего поведения объекта предвидения. Анализируя характеристики и особенности каждого из разработанных сценариев, группа лиц, принимающих стратегические решения, отбирает интересующие ее сценарии, вырабатывает план действий относительно объекта предвидения и обеспечивает реализацию этого плана.



Рис. 2. Схема сценарного анализа формирования процесса предвидения

В методологии сценарного анализа для решения задач предвидения отобраны и адаптированы ряд методов качественного и количественного анализа [5, 6]. Эти методы используются на четырех этапах предвидения: предварительное изучение проблемы; качественный анализ проблемы; написание сценариев; анализ и отбор сценариев.

На первом этапе *предварительного изучения проблемы* подробно анализируют ее характерные особенности, определяют направления (фокусы или платформы) исследований, формируют наиболее важные критерии и цели для данной проблемы, используя методы сканирования и мозгового штурма.

В результате выполнения второго этапа *качественного анализа проблемы* вырабатывают качественные оценки или предварительные сценарии. На этом этапе используются такие методы как Делфи, перекрестного влияния, анализа иерархий (Саати), морфологического анализа.

Этап *написания сценариев* включает элемент творчества и определенной произвольности, так как создание картины будущего зависит от опыта, профессионализма,

интуиции и многих других качеств людей, выполняющих эту важную и ответственную работу. При этом не существует и не может существовать строго формальной процедуры или четко установленного формата для разработки сценариев. Можно говорить только лишь про набор правил и последовательность их использования при написании обобщенных сценариев. К этому, собственно, и сводится соответствующий метод. В методологии сценарного анализа на этапе написания сценариев используется эмпирическая, девятишаговая процедура построения сценариев, разработанная известным специалистом из Великобритании (Манчестер) в области технологического предвидения Денисом Лоувириджем (Denis Loveridge) [3].

На четвертом этапе *анализа и отбора* сценарии предоставляются группе лиц, которые должны принимать стратегические решения и проводить всеобъемлющее исследование этих сценариев в соответствии со следующей процедурой: определение уровня реалистичности и реализуемости каждого сценария; оценка вероятностей событий, лежащих в основе сценариев; оценка рисков, связанных с каждым сценарием; имитационное моделирование; выбор наиболее приемлемых сценариев с точки зрения указанных выше критериев (рис. 3).

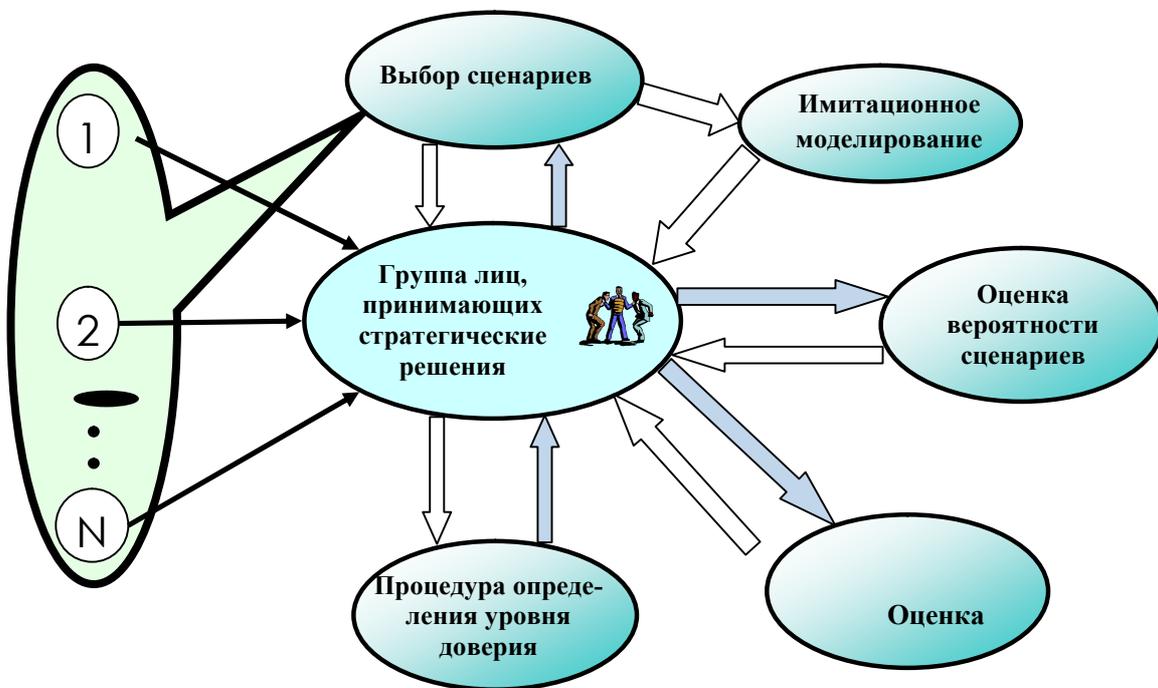


Рис. 3. 4-й этап предвидения — оценивание реалистичности сценариев, рисков, связанных с ними и доверия к ним

Сближение объективных знаний и творческих предвидений в интерактивной человеко-машинной процедуре позволяет повысить достоверность сценариев изучаемых процессов, явлений и событий. Такой процесс обеспечивается на основе создания и использования универсальной совокупности средств и подходов, названной *информационной платформой сценарного анализа* (ИПСА) [4]. Эта платформа представляет собой комплекс математических, программных, логических и организационно-технических средств и инструментов для осуществления целостного процесса предвидения на основе интерактивного взаимодействия человека и специально созданной для этого программно-технической среды [6, 7].

## Выявление приоритетов критических технологий по направлению «Энергетика и энергоэффективность»

Применяя методологию технологического предвидения, проводится выявление приоритетов критических технологий по множественному числу критериев по направлению «Энергетика и энергоэффективность» в Украине. Здесь приводятся некоторые результаты, полученные на четвертом этапе процесса предвидения. Оценивание критических технологий, с целью получения достоверных результатов, осуществлено несколькими методами, а именно, методами анализа иерархий и морфологического анализа. Метод анализа иерархий используется для расчета относительных приоритетов критических технологий на основе количественной информации, приведенной в паспортах, и экспертных оценок относительно важности критериев оценивания критических технологий и рисков внедрения технологий. Для оценивания перспективности существующих технологий использования нетрадиционных и восстанавливаемых источников энергии (ВИЭ) применен метод морфологического анализа. Критические технологии, представленные вместе с техническими паспортами ведущими организациями по энергетике в Украине на этапе выполнения первого этапа процесса предвидения, кластеризованы следующим образом: энергосберегающие технологии; восстанавливаемая энергетика; экододом (табл. 1).

Энергосберегающие технологии включают сохранение энергии при ее производстве (когенерационные технологии и энергетическое машиностроение) и в энергетических сетях (электроэнергетика и технологии горения). Восстанавливаемая энергетика включает геотермальную, ветровую, солнечную и биоэнергетику. В понятие экододом проблема энергоэффективности входит лишь как отдельная составляющая наряду с производством стройматериалов, непосредственно со строительством экододом и утилизацией отходов. Поэтому технология эффективного экододом рассматривалась отдельно.

Используя данные паспортов критических технологий и оценки 12 экспертов относительно разных видов риска критических технологий и важности критериев их оценивания, найдены коэффициенты приоритетности критических технологий, на основе которых установлен их рейтинг по направлению «Энергетика и энергоэффективность» (табл. 2). Результаты свидетельствуют, что по двум методам, которые использовались, первый приоритет имеет технология «2. Энергообеспечение зданий и сооружений. 2.2. Технология эффективного экододом с использованием ВИЭ». Второй приоритет, также согласно обеим методам, получила технология «3. Электроэнергетика. 3.1. Технология усовершенствования и структурной оптимизации энергетических сетей согласно намерений гармонизации с энергетической системой стран ЕС».

При определении следующих приоритетов используемые здесь методы дают несколько отличные результаты. Но вообще приоритетным является направление «Теплонасосные технологии». Согласно методу анализа иерархий на третьем месте расположены три теплонасосные технологии: «6. Теплонасосные технологии. 6.2. Технология эффективного использования теплоты почвы и грунтовых вод в комбинированных теплонасосных системах»; «6. Теплонасосные технологии. 6.3. Технология использования разнородных ВИЭ в интегрированных теплонасосных системах» и «6. Теплонасосные технологии. 6.1. Технология парокомпрессионных тепловых насосов» — отличие между их коэффициентами приоритетности оказалось небольшим. Согласно методу морфологического анализа эти технологии расположены соответственно на пятом, третьем и шестом местах.

Таблица 1. Кластеризация критических технологий

Энергосберегающие технологии	В энергетических сетях	3. <i>Электроэнергетика.</i> 3.1. Технология усовершенствования и структурной оптимизации энергетических сетей согласно намерений гармонизации с энергетической системой стран ЕС	3. <i>Электроэнергетика.</i> 3.2. Технология уменьшения потерь в элементах транзитных электрических сетей	5. <i>Технологии горения.</i> Изготовление термо- и коррозионностойких теплоизолирующих материалов для тепловых сетей
	При производстве энергии	1. <i>Когенерационные технологии.</i> Технология создания энерго-генерирующих мощностей на основе комбинированных когенерационных и теплонасосных установок	7. <i>Энергетическое машиностроение.</i> 7.1. Технология использования высоко температурной проводимости в электрических машинах, аппаратах и других электротехнических устройствах	7. <i>Энергетическое машиностроение.</i> 7.2. Технология магнитородной герметизации для значительного повышения ресурса оборудования, которое эксплуатируется на энергетическом оборудовании
Восстанавливаемая энергетика	Солнечная	2. <i>Энергообеспечение зданий и сооружений.</i> 2.1. Технология отопления и горячего водоснабжения жилищных и коммунально-бытовых помещений на основе использования солнечной энергии		
	Ветровая	3. <i>Электроэнергетика.</i> 3.3. Технология использования модульных систем в малой ветроэнергетике		
	Биоэнергетика	4. <i>Новые виды топлива и энергоресурса.</i> 4.1. Технология получения моторного топлива или метанола на базе украинских месторождений бурого угля, торфа, сланцев, каменного угля и прочего углесодержащего сырья	4. <i>Новые виды топлива и энергоресурса.</i> 4.2. Технология получения синтетического топлива (газа)	
	Геотермальная	6. <i>Теплонасосные технологии.</i> 6.1. Технология парокompрессионных тепловых насосов	6. <i>Теплонасосные технологии.</i> 6.2. Технология эффективного использования теплоты почвы и грунтовых вод в комбинированных теплонасосных системах	6. <i>Теплонасосные технологии.</i> 6.3. Технология использования разнородных восстановительных источников энергии в интегрированных теплонасосных системах
Экодом	2. <i>Энергообеспечение зданий и сооружений.</i> 2.2. Технология эффективного экодома с использованием восстанавливаемых источников энергии			

Таблица 2. Приоритеты критических технологий и их рейтинг по направлению «Энергетика и энергоэффективность»

№	Критические технологии	Метод морфологического анализа, средняя оценка		Метод анализа иерархий	
		Коэффициенты приоритетности	№ рейтинга	Нормированные коэффициенты приоритетности, *10	№ рейтинга
1.	2.2. Технология энергосберегающего экоддома с использованием ВИЭ	0,746	1	4,260	1
2.	3.1. Технология усовершенствования и структурной оптимизации энергетических сетей в соответствии с намерениями гармонизации с энергетической системой стран ЕС	0,668	2	0,764	2
3.	6.3. Технология использования разнородных ВИЭ в интегрированных теплонасосных системах	0,659	3	0,568	4
4.	1.1. Технология создания энергогенерирующих мощностей на основе комбинированных когенерационных и теплонасосных установок	0,657	4	0,443	8
5.	6.2. Технология эффективного использования теплоты грунта и грунтовых вод в комбинированных теплонасосных системах	0,613	5	0,571	3
6.	6.1. Технология парокомпрессинных тепловых насосов	0,591	6	0,557	5
7.	7.1. Технология использования высокотемпературной надпроводимости в электрических машинах, аппаратах и других электротехнических установках	0,582	7	0,545	6
8.	7.2. Технология магнитожидкой герметизации для существенного повышения ресурса энергетического оборудования	0,561	8	0,499	7
9.	4.1. Технология получения моторного топлива или метанола на базе укр. родовищ бурого угля, торфа, сланцев, каменного угля и др. углесодержащего сырья	0,553	9	0,377	13
10.	5.1. Технология изготовления термо- и коррозионно-устойчивых теплоизолирующих материалов для тепловых сетей	0,485	10	0,420	10
11.	4.2. Технология получения синтетического топлива (газу)	0,479	11	0,415	11
12.	3.2. Технология уменьшения затрат в элементах транзитных электрических сетей	0,46	12	0,437	9
13.	3.3. Технология использования модульных систем в малой ветроэнергетике	0,32	13	0,299	14
14.	2.1. Технология отопления и горячего водоснабжения жилищных и коммунально-бытовых помещений на основе использования солнечной энергии	0,24	14	0,380	12

Другие технологии получили меньшие приоритеты (табл. 2). Последние приоритеты в рейтинговой таблице на основании привлечения обоих методов занимают технологии «3. Электроэнергетика. 3.3. Технология использования модульных систем в малой ветроэнергетике», а также «2. Энергообеспечение зданий и сооружений. 2.1. Технология отопления и горячего водоснабжения жилищных и коммунально-бытовых помещений на основе использования солнечной энергии» (согласно морфологическому анализу) и «4. Новые виды топлива и энергоресурса. 4.1. Технология получения проворных топлив или метанола на базе украинских месторождений бурого угля, торфа, сланцев, каменного угля и другого углеродсодержащего сырья» (согласно методу анализа иерархий).

## Выводы

На основе разработанных средств и методов информационного, математического, алгоритмического и программного обеспечения теории и практической реализации системной методологии технологического предвидения и качественного анализа инновационного развития различных отраслей решен ряд следующих задач по стратегическому планированию по заказу государственных организаций, ведомств и предприятий Украины:

— перспективное развитие космической отрасли в Украине, приоритетные отрасли потребления космической информации, которая предоставляется системами дистанционного зондирования Земли (для Национального космического агентства Украины);

— на этапе краткосрочного предвидения создание альтернативных сценариев повышения эффективности функционирования логистической системы комбината относительно обеспечения всех этапов металлургического производства (для ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог»);

— решение первоочередных проблем города Киева (для Киевской городской государственной администрации);

— построение систем поддержки принятия решений (для Секретариата Президента Украины);

— моделирование рынков телекоммуникаций (для Национальной комиссии регулирования связи);

— разработка стратегического плана развития АР Крым и г. Севастополь (Государственного агентства Украины из инвестиций и инноваций).

Опыт решения задач предвидения в Украине показывает, что системная методология использования методов качественного анализа при разработке сценариев будущих событий, реализованная в виде инструментария оперативного и стратегического планирования, способствует созданию качественно нового типа систем поддержки принятия решений на основании информационной платформы сценарного анализа. Разработанный инструментарий позволяет повысить оперативность принятия и реализации стратегически важных решений в процессе управления инновационным развитием предприятий и отраслей промышленности.

2. Згуровский М.З. Информационная платформа сценарного анализа задач технологического предвидения / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова // Кибирнетика и системный анализ. — 2003. — С. 112 – 124.
3. Zgurovsky M.Z. System Analysis: Theory and Applications / M.Z. Zgurovsky, N.D. Pankratova. — Springer. — 2007. — 475 p.
4. Zgurovsky M. The Scenario Analysis Platform as an Methodological Base of the National Foresight Program of Ukraine // System Research and Information Technologies. — 2003. — № 1. — P. 7–25.
5. Панкратова Н.Д. Математическое обеспечение задач технологического предвидения применительно к отрасли промышленности / Н.Д. Панкратова // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2003. — № 1. — С. 26–33.
6. Згуровский М.З. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова. — К.: Наук. думка, 2005. — 744 с.
7. Pankratova N.D. The Scenario Analysis Information Platform for Technology Foresight Problems / N.D. Pankratova // Proceedings of Seminar on Technology Foresight Methods and Practices for Ukraine. — 31 August – 4 September 2004. — National Technical University of Ukraine «KPI». — 2004. — P. 186–217.

Поступила в редакцию 21.06.2010