

**А.И. Карпович<sup>1</sup>, А.В. Никифорова<sup>2</sup>, А.Н. Полетайкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,  
кафедра экономической теории и прикладной экономики

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и  
информатики», кафедра математического моделирования бизнес-процессов

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ В СЛОЖНЫХ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

В статье формулируется авторская трактовка экономической и информационной устойчивости и сопутствующих ей понятий применительно к сложным социотехническим системам. Рассматривается структура социотехнической системы, как взаимодействующая совокупность социального и технического компонентов, активно взаимодействующих с внешней средой, в которой особо выделяется деятельность человека, как основной фактор, оказывающий влияние на устойчивость и управляемость социотехнической системы. При этом всесторонне анализируется категория устойчивости в структурном, функционально-параметрическом, социальном, экономическом, финансовом и информационном аспектах с позиции возможности их количественного измерения для принятия решений в отношении формирования устойчивой структуры социотехнической системы, а также осуществления верификации устойчивости существующих социотехнических систем на предмет принятия решений по оптимизации их функциональной структуры. Предлагается простая методика оценивания экономической и информационной устойчивости социотехнической системы, как базовых аспектов устойчивости социотехнической системы, включающих в себя другие ее аспекты. Методика основывается на логико-вероятностном методе системного анализа и предполагает исследование предметной области методами теории вероятностей и математической статистики, а также применение методов экспертного

оценивания. В качестве примера социотехнической системы рассматривается система продвижения услуг связи на региональный рынок, в центре которой находится организация-провайдер услуг связи во взаимодействии с потребителями на рынке и с конкурентной средой. В качестве инструментальных средств воздействия на рынок рассматривается комплекс интегрированных маркетинговых коммуникаций, как средства активного и пассивного продвижения услуг связи на региональный рынок.

Ключевые слова: *устойчивость системы, социотехническая система, вектор устойчивости, информационное воздействие, продвижение услуг связи, региональный рынок, интегрированные маркетинговые коммуникации.*

**Введение.** Технический прогресс сегодня настолько всеобъемлюще вплетен в социальную и экономическую инфраструктуру общества, что любая целенаправленная деятельность человека едва ли обходится без технических средств и систем. Полуфантастический тезис конца XX века «Компьютер в каждый дом» давно превратился в обыденную реальность. В городах люди настолько сильно зависят от техники, что при ее выключении современный город окажется не в состоянии поддерживать жизнеобеспечение. В такой ситуации вполне справедливо говорить о структурно-функциональном сращивании социума и техники, и его представлении в виде социотехнической системы, отказ любого из двух основных компонентов (рис. 1) которой оказывает пагубное воздействие на другой и потере устойчивости системы в целом. Причем, как будет показано далее, наименее надежным и наиболее проблематичным является именно социальный компонент.

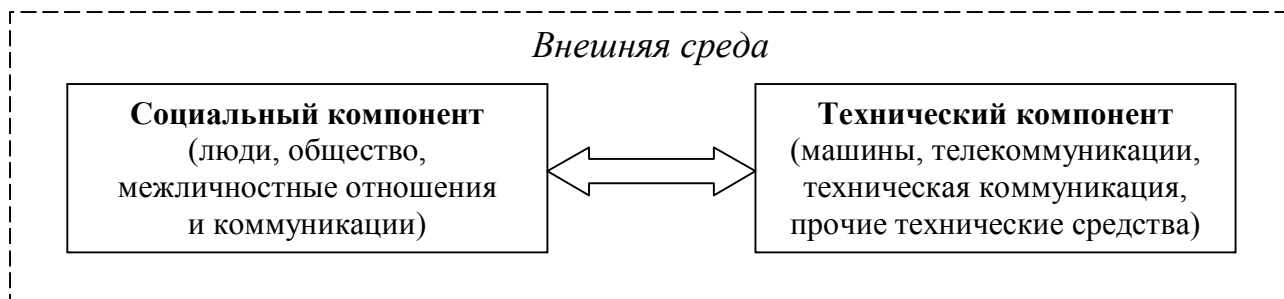


Рис. 1. Состав социотехнической системы

Социотехническая система (СТС), структура которой представлена на рис. 1, включает техническую и социальную компоненты, а также различные среды, такие как информационная, технологическая, экономическая и др. Причем, как в саму СТС, так и в окружающие ее среды органически включен человек. Возникает актуальная задача определения измеримых категорий устойчивости СТС, позволяющих осуществлять оптимальное структурирование СТС с учетом состояния внешней среды и, прежде всего, человеческого фактора. В связи с этим объектом данного исследования в СТС, с точки зрения обеспечения ее устойчивости, является социальный компонент СТС, в его взаимодействии с техническим компонентом. При этом целью указанного взаимодействия является устойчивое функционирование и развитие СТС. Решение указанной задачи позволит синтезировать устойчивые структуры СТС, а также осуществлять верификацию устойчивости существующих СТС на предмет принятия решений по оптимизации их функциональной структуры.

**1. Описание области исследования.** Отправной точкой для решения данной задачи стала монография автора [1], в которой предложен комплексный подход к исследованию экономической устойчивости во взаимосвязи с адаптивными свойствами экономических систем и применении его к обоснованию управленческих механизмов обеспечения устойчивости систем энергетики. Данный подход предполагает расширение круга количественных показателей оценки адаптивных характеристик, качественный и формальный анализ основных предпосылок, определяющих устойчивость различных систем экономики, построение и экономико-математический анализ модельного инструментария для повышения обоснованности управленческих решений в области обеспечения устойчивости экономических и энергетических систем. Расширение данного исследования на социальную сферу обусловлено тем, что подобные системы, и особенно их устойчивое функционирование, оказываются под сильным воздействием решений, принимаемых человеком, так называемого человеческого фактора. Так, сотрудниками учебно-тренировочного центра «Атомтехэнерго» установлено, что влияние человеческого фактора на

устойчивость, надежность и безопасность работы энергоблоков АЭС наряду с другими причинами является решающим [2]. Опыт производственной деятельности показывает, что в последние годы значительно возросло количество аварий и инцидентов, связанных с человеческим фактором, причем последствия подобных аварийных ситуаций являются наиболее тяжелыми и убыточными для предприятий [3]. В инфокоммуникационных технологиях ситуация еще сложнее. Анализ статистики инцидентов [4] показывает, что в центре концепции комплексной информационной безопасности находится социальная составляющая, более 95% всех инцидентов происходят по вине человека. Последнее обстоятельство непосредственно связано с инфотелекоммуникацией – информационным процессом, лежащим в основе самого существования СТС. Оказание инфотелекоммуникационных услуг (ИКТ-услуг, услуг связи) в социотехнической среде – основополагающий бизнес-процесс, обеспечивающий устойчивое функционирование СТС.

Вообще говоря, современные экономические системы (предприятия, организации, хозяйствующие субъекты), как правило, суть – социотехнические системы, – яркими представителями которых являются компании по предоставлению услуг стационарной и мобильной связи на соответствующем рынке, интернет-провайдеры и т.п. Рассмотрим систему продвижения ИКТ-услуг на региональный рынок (рис. 2). Данная схема демонстрирует взаимозависимость и взаимную обусловленность двух компонентов СТС – технического, представленного интегрированными маркетинговыми и информационными коммуникациями (выражающими соответственно экономический и информационный аспект управления), и социального, который также представлен двояко: потребителями и поставщиками услуг связи на региональном рынке. Во взаимодействии социального и технического компонентов протекают такие бизнес-процессы, как определение потребностей клиентов, взаимодействие поставщиков и потребителей услуг связи, конкурентные отношения между поставщиками, и т.д. Во всех этих процессах

явным образом выражено влияние человеческого фактора, который повышает неопределенность обстановки и вероятность рисков.

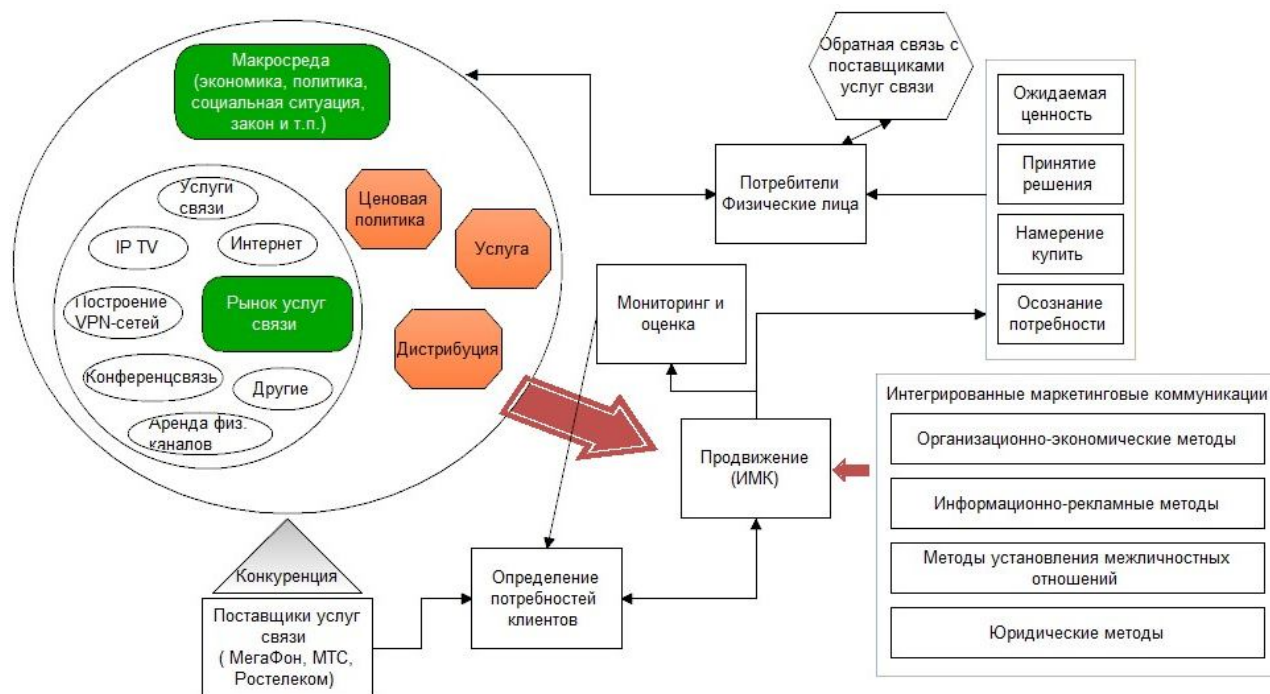


Рис. 2. Схема взаимодействия поставщиков и потребителей услуг связи

Данная СТС функционирует следующим образом. Процесс потребления услуг начинается с осознания потребности, выбора провайдера услуги (товара), принятия решения о покупке, удовлетворения, и заканчивается реакцией на покупку. Все эти элементы необходимо учитывать при продвижении, и получать обратную связь от потребителей о мотивах покупки и ожидаемой ее ценности. СТС работает в режиме реального времени, оперативно реагирует на изменения услуг, оценивает эффективность принятых решений, учитывая при этом стадию жизненного цикла услуги и внося в нее необходимые изменения. При необходимости, с помощью каналов продвижения СТС реанимирует спрос на услугу после ее упадка. СТС должна быть гибкой, поддерживать эволюционное использование и легко модифицироваться в соответствии с изменившимися требованиями со стороны бизнеса.

Из вышесказанного следует, что приведенная схема является сложной СТС, которая должна учитывать структуру рынка услуг связи, макрофакторы, влияющие на продвижение, учитывать потребности клиентов и непосредственно формировать комплекс маркетинговых мероприятий для

продвижения услуг связи. Устойчивость схемы взаимодействия поставщиков с потребителями обеспечивает стабильную работу компании связи и позволяет успешно решать задачи продвижения услуг связи. Например, определять виды интересующих клиентов услуг и расширять их спектр, строить стратегию, расширять клиентскую базу, решать организационные вопросы, способствуя тем самым росту деловой активности, которая, в свою очередь, расширяет возможности по продвижению услуг связи.

Вместе с тем сложность управления СТС заключатся не в оптимизации функционирования каждой из подсистем, а в их интеграции, в связи с этим необходимо обратить внимание на взаимодействие поставщиков с потребителями услуг связи и с рынком в целом. В числе прочего, на процесс принятия решения потребителем, а также на рынок услуг связи влияют макрофакторы. Они непосредственно влияют на микросреду потребителя, которая имеет решающее значение при формировании и развитии характеристик потребителя. Развитость рынка является также немаловажным фактором, влияющим на ожидания потребителя. Чем выше уровень микросреды потребителя, его характеристик, уровень платежеспособности, чем развитее рынок, тем выше ожидания потребителя (его стандарты) [5]. Рынок услуг связи тесно взаимодействует с макросредой, к которой можно отнести экономику, политику, социальную ситуацию, законы и т.п. Ценовая политика, услуга, дистрибуция также находятся в области влияния на них рынка услуг связи и макросреды. Поставщиками услуг связи являются телекоммуникационные компании, которые конкурируя между собой, также оказывают влияние на рынок услуг связи.

Макросреда, ценовая политика, услуги, дистрибуция и рынок напрямую влияют на продвижение. Продвижение же представлено комплексом интегрированных маркетинговых коммуникаций (ИМК), которые имеют как социальную, так и техническую природу. Если рассматривать схему, представленную на рис. 2, как открытую нелинейную СТС с замкнутым контуром управления, очевидна роль ИМК как субъекта управления,

обеспечивающего обратную связь с управлением по продвижению услуг связи на рынок, выступающий в данном случае, наряду с макросредой и прочим его обрамлением, объектом управления. Обратная (управляющая) связь представлена на рис. 2. структурой блоков между объектом и субъектом управления, наглядно демонстрирующей степень разнообразия управленческих решений. Прямая, информационная связь от объекта к субъекту, представлена большой стрелкой, которая выражает в совокупности влияние всех компонентов объекта на процесс управления. Вся совокупность рассмотренных компонентов и связей между ними представляет собой довольно сложную СТС, эффективное функционирование которой требует выработки нетривиальных решений по управлению ею.

**2. Постановка задачи исследования.** Понятно, что для такой сложной системы также сложно обеспечить и ее управляемость, под которой понимается способность эффективно отвечать адекватными изменениями на управленческие решения. Управляемость же, как известно, находится в тесной взаимосвязи с устойчивостью системы – способностью восстанавливать без внешнего управления оптимальный режим функционирования после прекращения действия внешних возмущений. В [6] отмечено, что в сложных нелинейных системах, к которым относится рассматриваемая СТС, возможна самоорганизация – спонтанное (независимое от внешних условий) возникновение или совершенствование упорядоченных структур. Отчасти таким образом, в результате синергии социума, рынка и стремительно развивающихся информационных технологий, возникла рассмотренная выше структура обратной связи регулирования рынка. Эти процессы имеют место в системах с большим количеством элементов и делают невозможным точное описание их развития. Как правило, система предсказуемо реагирует на внешние воздействия, то есть находится в устойчивом состоянии. Но с усилением этих воздействий ее поведение становится неустойчивым: незначительные и непредсказуемые изменения внешних условий (флуктуации) в точках бифуркации могут основательно изменить систему. Все это позволяет

отнести рассматриваемую СТС к категории синергетических, отличительными свойствами которых являются стохастичность, нелинейность, самоорганизация, неравновесность и необратимость процесса развития. Нарушение равновесия в ней может возникнуть вследствие самых разнообразных как внутренних, так и внешних причин, в том числе, вследствие информационного воздействия на потребителя, обусловленных ИМК. Большая часть этих причин являются случайными событиями, и даже целенаправленное маркетинговое взаимодействие имеет в определенной степени стохастическую природу, обусловленную человеческим фактором. Поэтому для идентификации параметров СТС необходим вероятностный аппарат, позволяющий учесть эту стохастику.

Не усложняя существенно объект исследования, сконцентрируем внимание на категории устойчивости СТС и определении ее измеримых аспектов, позволяющих осуществлять оптимальное структурирование СТС, тем самым повышая ее управляемость. Для этого необходимо решить такие задачи исследования:

- проанализировать понятие устойчивости социотехнических систем в различных аспектах ее измерения;
- определить показатель экономической устойчивости СТС, чувствительный к бифуркациям, связанным с изменениями социально-экономической структуры рынка связи и развитием ИМК;
- определить показатель информационной устойчивости социальной части СТС, чувствительный к степени разнообразия и упорядоченности ее диссипативных структур, в том числе через флуктуации.

Прежде всего, рассмотрим подробнее понятие устойчивости СТС, обеспечение которой столь необходимо для повышения эффективности ее функционирования.

**3. Понятие устойчивости социотехнических систем.** Наиболее употребительно понятие устойчивости в различных направлениях науки и техники, где рассматриваются устойчивости упругих систем, движения



жидкостей, сооружений, систем автоматического управления, транспортных машин, электроэнергетических систем, термодинамическая устойчивость и т.д. [7]. Их определения в свою очередь опираются на математическую теорию устойчивости, в которой последняя характеризуется как термин, не имеющий четко определенного содержания и применяемый к движению, к геометрическим или иным объектам, зависящим от параметров, например, статистикам (статистическая устойчивость). При этом подчеркивается, что указанные направления применения термина «устойчивость» тем не менее, не исчерпывают его содержания [8]. Среди различных понятий устойчивости движения наиболее известны устойчивость по С. Пуассону, Ж. Лагранжу, А.А. Андронову и Л.С. Понтрягину, а также А.М. Ляпунову. При анализе устойчивости различных систем весьма важны понятия устойчивости локальной («в малом») и глобальной («в большом») [9]. Система локально устойчива, если свойство устойчивости установлено только для состояний достаточно близких в некотором подходящем смысле к исходному (или для траекторий, лежащих «вблизи» исходной траектории). Система глобально устойчива, если свойство устойчивости выполняется для всех состояний (траекторий) внутри области, в которой исследуется система.

Видимое разнообразие определений устойчивости включает, на наш взгляд, то общее, что характеризует сущность этой категории, а именно – представление о ней относительно некоего объекта, как об атрибуте данного объекта в неопределенных условиях своего существования сохранять (возможно, с некоторыми деформациями) приданные ему определенные качества, признаки или характеристики. В рамках такого понимания равновесие и гомеостазис являются частными случаями устойчивого состояния. Кроме того, жизнеспособность также представляется проявлением свойства устойчивости для автономных систем.

В экономической литературе аналогичным образом сам по себе термин «устойчивость» весьма относителен и допускает различные трактовки в зависимости от сочетаний с разными экономическими объектами или

категориями: устойчивость рынка, экономическая устойчивость вообще, устойчивость развития, технологическая (производственная) устойчивость, финансовая, денежного обращения, ценовая, ресурсная, экологическая и некоторые другие.

Базовым, вбирающим различные аспекты и хронологически наиболее ранним, является понятие устойчивости рынка, которая допускает следующие интерпретации: устойчивость рынка как свойство рыночной системы в процессе саморегулирования, в конце концов, достигать некоторого ценового равновесия / сбалансированности (устойчивость по Л. Вальрасу).

Как равновесие экономических интересов взаимодействующих субъектов рынка, понимаемое в смысле: устойчивости по Дж. Нэшу – такое состояние рынка (ситуация на нем), которое невыгодно самостоятельно изменять ни одному из участников (рыночных игроков); устойчивости по Ф. Эджворту: неблокируемое состояние рыночного сообщества экономических агентов (игроков), при котором ни одной из коалиций данного сообщества будет невыгодно отделяться от других игроков и распределять между собой коалиционный выигрыш. Множество таких состояний (недоминируемых систем контрактов, дележей) образует «ядро экономики» или С-ядро кооперативной игры (последнее, вообще говоря, может отсутствовать – быть пустым).

В обществоведческой и общеэкономической литературе по отношению к экономической устойчивости чаще всего применяется ее классическая равновесная интерпретация (см., напр., [10, с. 63]), «когда характеризующие хозяйствующий субъект социально-экономические параметры при любых возмущениях внешней и внутренней сред, сохраняют положение экономического равновесия на том или ином его уровне». Однако, об устойчивости состояния или траектории функционирования / развития хозяйствующего субъекта можно и нужно говорить независимо от того, равновесны они или нет.

Ряд авторов трактуют экономическую устойчивость как гомеостазис или жизнеспособность [11]. Финансовая, технологическая, ценовая, ресурсная устойчивость представляются составными частями устойчивости экономической. Учитывая, что рассматриваемая СТС имеет ярко выраженную экономическую природу, рассмотрим применительно к ней категорию экономической устойчивости.

#### **4. Экономическая устойчивость социотехнических систем.**

Социотехническим системам в наибольшей степени присуща не только организация, но и самоорганизация. Кроме того – это сложные системы с целенаправленным поведением. В силу наличия указанной специфики под экономической устойчивостью (ЭУ) СТС будем понимать их способность (свойство) в неопределенных условиях функционирования / развития (а именно: флуктуаций рыночной конъюнктуры, непредсказуемости поведения партнеров, производственно-технологических сбоев, ненадежности ресурсных поставок и других возможных возмущениях) обеспечивать реализацию своих целевых установок. Такие аспекты устойчивости, как ресурсный, технологический, ценовой, финансовый отражают проявления свойства устойчивости в отношении либо отдельных параметров, либо определенных функциональных областей объекта хозяйствования – производства, логистики, финансов. ЭУ классифицируется на структурную и функционально-параметрическую. Структурная устойчивость – это способность системы как сообщества экономических субъектов к самосохранению и самовоспроизводству; к сохранению своей целостности, организационного единства при наличии разных (не вполне совпадающих) интересов субъектов, входящих в систему. Она предполагает сохранение структуры, как совокупности некоторых взаимосвязей самостоятельных составных частей целого, определяющего указанную систему. Структурная устойчивость является, по сути необходимым условием обеспечения ЭУ такой системы, воплощением структурного аспекта данной устойчивости. Действительно, если целевые установки системы реализуются, то можно говорить, что уж по

крайней мере она сохраняет свою целостность. Если же система разрушается (распадается), то вопрос о достижении ее целевых установок снимается вообще. Функционально-параметрическая устойчивость подразделяется на устойчивость к малым возмущениям (устойчивость «в малом») и устойчивость к большим, глубоким возмущающим воздействиям, которая формируется за счет управляемости и адаптивности. Устойчивость «в малом» означает, что малые изменения условий развития (функционирования) экономического объекта приводят и к малым отклонениям фактических значений его целевых показателей от плановых. Управляемость – свойство системы адекватно реагировать на управляющие воздействия. Адаптивность есть свойство приспособливаться (пассивно или активно), адекватно реагировать на изменения внешней и внутренней среды. Сам процесс такого приспособления есть процесс адаптации, который в широком смысле предполагает как приспособление к изменениям условий, так и изменение их самих. В нем можно выделить два аспекта.

Первый – надежностный – связан со способностью СТС при «отрицательных» возмущениях противодействовать снижению качества ее целевых установок (экономическая надежность). Заметим, что категория экономической надежности мыслится нами как взаимобратная известной в литературе категории риска [12]. В связи с этим экономическую надежность, надежностный разрез адаптации можно определить как риск-устойчивость.

Второй – с освоением дополнительных возможностей в условиях «положительных» возмущений и повышением на этой основе своей эффективности. Оба разреза тесно связаны и определяются гибкостью и маневренностью.

Гибкость экономической системы – способность адаптироваться без структурных изменений, например, путем создания разных видов избыточности (резервов производственных мощностей, запасов сырья, материалов, топлива и т.д.), а также информационной избыточности ИМК, и пр. Маневренность – способность системы к маневрированию, т.е. реализации целенаправленных

"подстроечных" мероприятий, внесению активных изменений, структурному перестраиванию в ответ на возмущения. Содержательно данные мероприятия могут выливаться в изменение состава объектов планируемой системы, их перераспределение, в изменение направлений НТП, организационно-экономических характеристик объектов, топологии связей между ними, направлений распределения возмущений и т.д.

Внешним проявлением гибкости и маневренности выступает эластичность как способность экономической системы нейтрализовывать, демпфировать возмущения, испытывая при этом определенные «деформации» (потери) в достижении целевых установок, минуя, однако, полного их невыполнения. Величина потерь характеризует при прочих равных условиях и уровень эластичности – он тем выше, чем ниже потери и наоборот. Последние являются своеобразной «платой» за неопределенность используемой в управлении информации. Эластичность какого-либо объекта планирования при заданном плане его развития / функционирования может быть описана с помощью некоей платежной вектор-функции или ее специального вида – функции эластичности, аппроксимирующей связь между входными возмущениями и отклонениями от плановых (программных) ориентиров. Определение и измерение эластичности в данном контексте представляется зеркальным переносом (распространением) этого понятия из разреза формирования продуктивности экономической системы (производственная функция) на разрез адаптации. Некоторые конкретные функции эластичности могут быть получены соответствующим преобразованием из известных типовых производственных функций. Свойство эластичности непосредственно «примыкает» к риск-устойчивости, ибо последняя определяется эластичностью и уровнем возможных возмущений, соответствующих оцениваемому варианту развития / функционирования СТС.

Синтезируя все рассмотренные выше аспекты ЭУ последнюю можно представить в общем виде, как агрегатную величину  $K_{ЭУ}$ , которая может быть выражена следующей средневзвешенной формулой:

$$K_{\text{ЭУ}} = \frac{1}{4} \prod_{i=1}^4 k_i \cdot K_i, \quad K_i \in [0, 1], \quad k_i \in [0, 1], \quad (1)$$

где  $K_i$  – синтетические коэффициенты уровней ЭУ, а именно: 1) структурная устойчивость, 2) функционально-параметрическая устойчивость, 3) социальная устойчивость, 4) финансовая устойчивость;  $k_i$  – весовые коэффициенты, характеризующие соответствующие аспекты ЭУ и назначаемые экспертным путем.

**5. Информационная устойчивость социотехнических систем.** Не менее важным аспектом функционирования СТС является ее информационная устойчивость (ИУ), то есть устойчивость СТС к разного рода информационным воздействиям, как со стороны субъекта управления, так и из внешней среды. В отличие от экономической, информационная устойчивость в основном связана с социальной частью СТС, так как основным источником и потребителем информации выступают люди, находящиеся под влиянием специальных информационных операций, оказывающих влияние на их выбор и принятие решений. В условиях конкуренции на рынке услуг связи актуальной задачей становится информационная защита социальной части СТС от разбалансировки и потери устойчивости. Таким образом, под информационной устойчивостью социальной части СТС будем понимать способность социальной части и СТС в целом возвращаться в исходное (устойчивое) состояние после нейтрализации внешнего информационного воздействия, нарушившего это состояние, за счет собственного (внутреннего) информационного воздействия на объект управления.

На рынке услуг связи ИУ в основном проявляется в инфокоммуникациях между агентами и контрагентами рынка, в особенности при осуществлении на них информационного воздействия, связанного с реализацией мероприятий ИМК. Указанные информационные воздействия будем называть внутренними, помимо которых потребитель подвергается также внешним информационным воздействиям со стороны конкурентов. При этом данные воздействия носят преимущественно отрицательный характер, в связи с чем им необходимо

зеркально противопоставлять собственные контрвоздействия со стороны предприятия, а также инициировать соответствующие мероприятия ИМК, обеспечивающие поддержание равновесия.

В работе [13] предложен достаточно простой и оригинальный метод оценки информационной устойчивости СТС в условиях информационной войны. Он предполагает комбинацию операций, реализующую вероятностный метод оценки ИУ социальной части СТС (см. рис. 3).



Рис. 3. Процедуры процесса оценки информационной устойчивости СТС

Идентификация объектов влияния предполагает идентификацию источников внешних и внутренних инфовоздействий. Объектами влияния могут быть различные средства инфокоммуникаций (в т.ч. Internet ресурсы, социальные сети, и др.), СМИ, телевидение, непосредственно человек и т.п.

Мониторинг информационного пространства проводится с целью выявления в нем специальных информационных объектов, сформированных для изменения состояния СТС. Мониторинг может быть автоматизирован с помощью специальных программ, которые позволяют отследить информационные операции технической направленности.

Аудит объекта осуществляется с целью оценки текущего уровня ИУ, наименее защищенных мест в структуре объекта управления, анализа рисков, выработке рекомендаций по внедрению новых и повышению эффективности существующих механизмов ИМК. В [13] данная задача решается с

использованием логико-вероятностной модели, основанной на вероятностном моделировании базовых событий  $E_1 - E_k$ , в качестве которых рассматриваются события, которые могут произойти в СТС и привести к изменению ее устойчивости (например, многократное дублирование информации, дезинформирование, комбинированное информирование с использованием различных источников, и т.п.). В случае независимости базовых событий расчет вероятностей их возникновения выполняется по формуле:

$$P = 1 - \prod_{j=1}^k (1 - P(E_j)), \quad (2)$$

где  $P(E_j)$  – вероятность возникновения  $j$ -го события,  $k$  – количество всех событий, влияющих на информационную устойчивость СТС.

Результат расчета разработанной модели для ветви, представляющей логическую последовательность событий, приводящих к нарушению ИУ, представлен на рис. 4. Графическая интерпретация вероятностных оценок предполагает построение так называемого вектора устойчивости социальной части СТС, что в свою очередь позволяет получить визуальную оценку контролируемых параметров СТС.

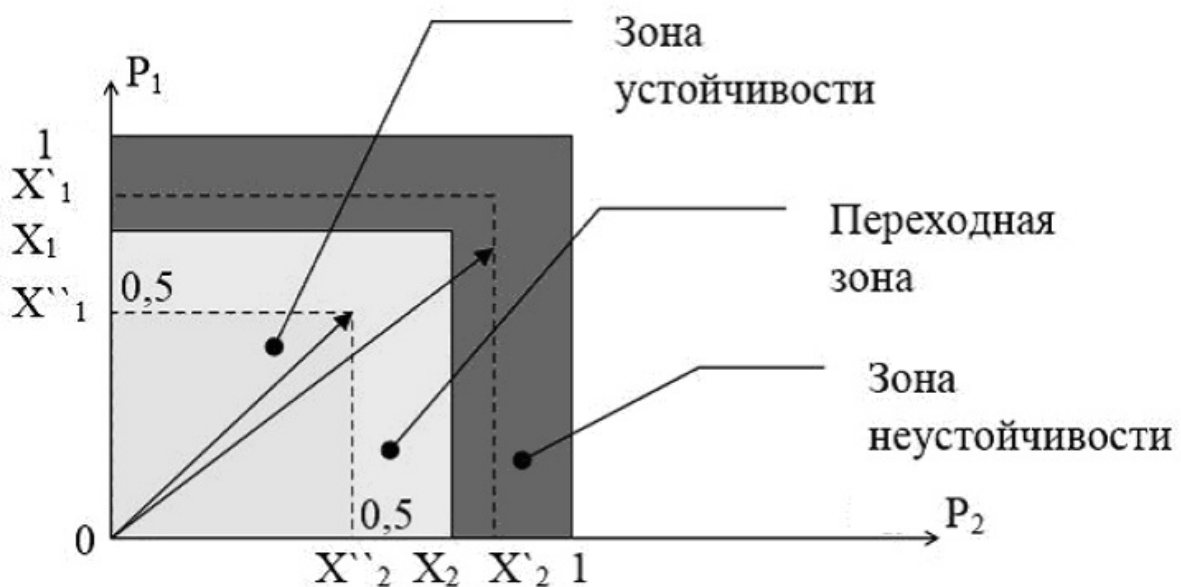


Рис. 4. Вектор устойчивости по двум параметрам



Дальнейшее принятие решения об устойчивости СТС базируется на анализе координат вектора устойчивости. Если одна из координат вектора устойчивости выходит за пределы внутреннего параллелепипеда, ограничивающего область устойчивости, то СТС может быть неустойчива. При этом в общем случае вероятность попадания вектора с координатами  $(P_1, \dots, P_k)$  в область устойчивости вычисляется по формуле:

$$P(P_1 < x_1, \dots, P_k < x_k) = F(x_1, \dots, x_k), \quad (3)$$

где  $F$  – многомерная функция распределения, определяющая пороговые границы  $x$  зоны устойчивости, которая может быть получена методом экспертных оценок, или с использованием специальных генераторов случайных значений, а также посредством комбинации указанных подходов. Координаты вектора устойчивости при необходимости можно разложить на элементы в соответствии с формулой (2), что позволит детализировать процедуру анализа и дифференцировать диагностику устойчивости СТС. Объективно графическая интерпретация результатов моделирования может ответить на такие вопросы:

1. Устойчива ли СТС при заданном значении ее параметров?
2. В каких пределах можно изменять параметры системы, не нарушая ее устойчивости?

Собственно показатель информационной устойчивости  $K_{ИУ}$  социальной части СТС, включающей  $N$  объектов влияния инфовоздействий, представляется в виде вероятностного соотношения:

$$K_{ИУ} = \frac{\sum_{i=1}^k p_i n_i - \sum_{j=1}^m q_j n_j}{N}, \quad (4)$$

где:  $p_i$  – вероятность подпадания СТС под влияние  $i$ -го источника внешнего инфовоздействия,  $q_j$  – вероятность подпадания СТС под влияние  $j$ -го источника внутреннего (компенсаторного) инфовоздействия,  $n_i$  и  $n_j$  – число объектов социальной части СТС, на которые оказывает влияние соответственно  $i$ -й и  $j$ -й источник.

Для оценивания ИУ в [13] предлагается шкала, представленная в табл. 1, которая может быть апостериорно уточнена и адаптирована также к оцениванию ЭУ, а также устойчивости СТС в целом.

Таблица 1. Шкала информационной устойчивости СТС

Значение $K_{ИУ}$	Вербальная оценка
0...0,4	Устойчива
0,4...0,6	Условно устойчива
0,6...1	Неустойчива

Представленный метод в целом является достаточно простым, предполагает машинную реализацию и позволяет получить количественную оценку уровня информационной устойчивости СТС в условиях конкуренции на рынке, и тем самым обосновать превентивные мероприятия по обеспечению комплексной информационной устойчивости СТС.

**Заключение.** Актуальность проблемы устойчивости СТС генетически связана с природой рынка, динамизм которого способствует неустойчивости системы. В этом случае неустойчивость может принять угрожающий характер под воздействием внешних и внутренних факторов развития. Главным критерием оценивания устойчивости СТС является сохранение ее параметров при неблагоприятных воздействиях внешней и внутренней среды развития.

Устойчивая СТС может успешно противостоять угрозам экономического, политического, социального плана. Важно заметить, что устойчивость системы не означает, что она находится в застывшем состоянии, не прогрессирует и не развивается. Кроме того, устойчивость СТС предполагает высокую степень приспособления к изменению внешних и внутренних факторов развития. Устойчиво функционирующее предприятие способно не только адаптироваться к условиям внешней среды, но и активно развиваться в различных направлениях.

На примере рассматриваемой схемы взаимодействия поставщиков и потребителей услуг связи важно правильно определить устойчивость системы.

Как многогранное явление устойчивость системы проявляется через стабильность показателей и сбалансированность пропорций развития. Знание того, насколько система устойчива к внешним и внутренним факторам позитивно отразится на качестве продвижения услуг связи, и поможет выработать эффективные мероприятия ИМК в случае обнаружения тенденций к неустойчивости системы в том или ином ее аспекте.

### **Список литературы**

1. Карпович А.И. Моделирование экономической устойчивости систем энергетики: монография / А.И. Карпович. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 260 с.
2. Смоленский учебно-тренировочный центр / Официальный сайт АО «Атомтехэнерго» / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.atech.ru/branch/suchtr/history/> (дата обращения: 01.07.2016)
3. Воробьева О.К. Методы прогнозирования экономического ущерба от аварийности электросетевых предприятий, обусловленной человеческим фактором Текст. Иваново: Иван. гос. энергет. ун-т, 2009. – 56 с.
4. IBM Security Services 2014. Cyber Security Intelligence Index: Analysis of cyber attack and incident data from IBM's worldwide security operations / Research Report [Electronic resource]. - Available at: [http://media.scmagazine.com/documents/82/ibm\\_cyber\\_security\\_intelligenc\\_20450.pdf](http://media.scmagazine.com/documents/82/ibm_cyber_security_intelligenc_20450.pdf) (дата обращения: 01.07.2016)
5. Димов Э.М., Маслов О.Н., Швайкин С.К. Имитационное моделирование, реинжиниринг и управление в компании сотовой связи (новые информационные технологии). – М.: Радио и связь, 2001. – 256 с.: ил.
6. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985. – 423 с.
7. Большая советская энциклопедия / Гл. ред. А.М. Прохоров, т. 27. - М.: «Советская энциклопедия», 1977. – 622 с.

8. Математическая энциклопедия / Гл. ред. И.М. Виноградов, т. 5. – М.: «Советская энциклопедия», 1984. – 1248 стб.
9. Теория автоматического управления. Ч. I,II / Под ред. А.А. Воронова: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1977. – 591 с.
10. Бодров О.Г. и др. Экономическая свобода и устойчивость предприятия. – Казань: Изд-во «Таглитат», 2000. – 208 с.
11. Унтура Г.А. Интегральный аспект воздействия инновационной, информационной и финансовой сред на устойчивость предприятия // Факторы и механизмы устойчивости предприятий: Сб. науч. тр. – Новосибирск: ИЭиОПП СО РАН, Сиб АГС, 2002. – Вып. 2. С. 22-50.
12. Канев В.С., Шевцова Ю.В. Основы моделирования и управления операционными рисками в электронной коммерции и телекоммуникациях. – М.: Изд-во "Горячая линия – Телеком", 2015. – 278 с.
13. Дудатьев А.В., Лужецкий В.А., Коротаев Д.А. Метод оценки информационной устойчивости социотехнических систем в условиях информационной войны // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2/2 ( 80 ) 2016. – с. 4 – 11

### **Транслитерированный список литературы**

1. Karpovich A.I. Modelirovanie ekonomicheskoy ustoychivosti sistem energetiki: monografiya / A.I. Karpovich. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2006. – 260 s.
2. Smolenskiy uchebno-trenirovochnyy tsentr / Ofitsialnyy sayt AO «Atomtekhnenergo» / [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.atech.ru/branch/suchtr/history> (data obrascheniya: 01.07.2016)
3. Vorobeva O.K. Metody prognozirovaniya ekonomicheskogo uscherba ot avariynosti elektrosetevykh predpriyatiy, obuslovennoy chelovecheskim faktorom Tekst. Ivanovo: Ivan. gos. energet. un-t, 2009. – 56 s.
4. IBM Security Services 2014. Cyber Security Intelligence Index: Analysis of cyber attack and incident data from IBM's worldwide security operations / Research

Report [Electronic resource]. Available at: [http://media.scmagazine.com/documents/82/ibm\\_cyber\\_security\\_intelligenc\\_20450.pdf](http://media.scmagazine.com/documents/82/ibm_cyber_security_intelligenc_20450.pdf) (data obrascheniya: 01.07.2016)

5. Dimov E.M., Maslov O.N., Shvaykin S.K. Imitatsionnoe modelirovanie, reinzhiniring i upravlenie v kompanii sotovoy svyazi (novye informatsionnye tekhnologii). – M.: Radio i svjaz, 2001. – 256 s.: il.

6. Khaken G. Sinergetika. Ierarhiya neustoychivostey v samoorganizuyuschikhsya sistemakh i ustroystvakh. – M.: Mir, 1985. – 423 s.

7. Bolshaya sovetskaya enciklopediya / Gl. red. A.M. Prokhorov, t. 27. - M.: «Sovetskaya enciklopediya», 1977. – 622 s.

8. Matematicheskaya entsiklopediya / Gl. red. I.M. Vinogradov, t. 5. – M.: «Sovetskaya entsiklopediya», 1984. – 1248 stb.

9. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. Ch. I,II / Pod red. A.A. Voronova: Ucheb. posobie dlya vuzov. – M.: Vyssh. shkola, 1977. – 591 s.

10. Bodrov O.G. i dr. Ekonomicheskaya svoboda i ustoychivost predpriyatiya. – Kazan: Izd-vo «Taglimat», 2000. – 208 s.

11. Untura G.A. Integralnyy aspekt vozdeystviya innovatsionnoy, informatsionnoy i finansovoy sred na ustoychivost predpriyatiya // Faktory i mekhanizmy ustoychivosti predpriyatiy: Sb. nauch. tr. – Novosibirsk: IEiOPP SO RAN, Sib AGS, 2002. – Vyp. 2. S. 22-50.

12. Kanev V.S., Shevtsova Ju.V. Osnovy modelirovaniya i upravleniya operatsionnymi riskami v elektronnoy kommertsii i telekommunikatsiyakh. – M.: Izd-vo "Goryachaya liniya – Telekom", 2015. – 278 s.

13. Dudatev A.V., Luzhetskii V.A., Korotaev D.A. Metod otsenki informatsionnoy ustoychivosti sotsiotekhnicheskikh sistem v usloviyakh informatsionnoy voyny // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy, 2/2 ( 80 ) 2016. – s. 4 – 11

**Карпович Алексей Иванович** – д-р экон. наук, проф., Новосибирский государственный технический университет, e-mail: [karpovich@fb.nstu.ru](mailto:karpovich@fb.nstu.ru).

**Никифорова Анжела Владимировна** – аспирант, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, e-mail: [angel-niks@mail.ru](mailto:angel-niks@mail.ru).

**Полетайкин Алексей Николаевич** – канд. техн. наук, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, e-mail: [polietaikin@sibsutis.ru](mailto:polietaikin@sibsutis.ru).

## References

1. Karpovich A. I. Modeling economic sustainability of energy systems: monograph / A. I. Karpovich. – Novosibirsk: Publishing house NGTU, 2006. – 260 p.
2. Smolensk training center / Official site of JSC "Atomtechenergo" / [Electronic resource]. – Available at: <http://www.atech.ru/branch/suchtr/history/> (accessed: 01.07.2016)
3. Vorob'eva O. K. with Methods of forecasting economic damages from the accidents of power grid enterprises due to human factors. Text. Ivanovo: Ivan. state energy University, 2009. – 56 p.
4. IBM Security Services 2014. Cyber Security Intelligence Index: Analysis of cyber attack and incident data from IBM's worldwide security operations / Research Report [Electronic resource]. Available at: [http://media.scmagazine.com/documents/82/ibm\\_cyber\\_security\\_intelligenc\\_20450.pdf](http://media.scmagazine.com/documents/82/ibm_cyber_security_intelligenc_20450.pdf) (accessed: 01.07.2016)
5. Dimov, E. M., Maslov O. N., Shveikin S. K. Simulation modeling, reengineering and management of the company of cellular communication (new information technologies). – M.: Radio and communication, 2001. – 256 p.: ill.
6. Haken G. Synergetics. Hierarchy of instabilities in self-organizing systems and devices. – M.: World, 1985. – 423 p.
7. The great Soviet encyclopedia / Chief editor A. M. Prokhorov, Part. 27. - M.: "Soviet encyclopedia", 1977. – 622 p.
8. Mathematical encyclopedia / Chief editor by I. M. Vinogradov, Part. 5. – M.: "Soviet encyclopedia", 1984. – 1248 p.

9. Theory of automatic control. Part I,II / Edited by A. A. Voronov: textbook for universities. – M.: Higher school, 1977. – 591 p.

10. Bodrov O. G., etc. Economic freedom and the stability of the enterprise. – Kazan: Publishing house "Taglimat", 2000. – 208 p.

11. Untura G. A. Integral aspect of the impact of innovation, information and financial environments on the stability of the enterprise // Factors and mechanisms of resilience of companies: scientific collection – Novosibirsk: IEIE SB RAS 2002. – SIU. Edition 2. P. 22-50.

12. Kanev S. V., Shevtsov Yu. V. Fundamentals of modelling and management of operational risk in e-Commerce and telecommunications. – M.: Publishing house "Hot line – Telekom, 2015. – 278 p.

13. Dudarev A. V., V. A. Luzhetsky, Korotaev, D. A. Method of evaluation informational sustainability socio-technical systems in conditions of information war // East European journal of advanced technologies, 2/2 ( 80 ) 2016. – p. 4-11.

**A.I. Karpovich, A.V. Nikiforova, A.N. Poletaykin**

## **THE DEFINITION OF STABILITY IN COMPLEX SOCIO-TECHNICAL SYSTEMS**

The paper presents the author's interpretation of economic and information sustainability and related concepts as applied to complex socio-technical systems. Describes the structure of the socio-technical system as a set of interacting social and technical components, actively interacting with the external environment in which particular human activities as the main factor influencing the stability and control of socio-technical systems. Considers category sustainability in structural, functional and parametric, social, economic, financial and informational aspects for their quantitative dimension for decision-making in relation to the formation of a stable structure of socio-technical systems. Proposed a simple evaluation methodology economic and information sustainability socio-technical systems, including other

aspects of it. The technique is based on logical-probabilistic method of systems analysis and involves the study of the subject area methods of probability theory and mathematical statistics, as well as the use of expert estimation methods. As an example of socio-technical systems deals with the system of promotion telecommunications services to the regional market, in the center of which is the organization provider of telecommunications services in collaboration with consumers in the market and the competitive environment. As tools of market impact considers the complex of integrated marketing communications, as means of active and passive promotion of communication services to the regional market.

*Key words: stability of the system, socio-technical system, vector stability, information influence, promotion of services, regional market, integrated marketing communications.*

**Karpovich Aleksey Ivanovich** – Doctor of Economic Sciences, professor, Novosibirsk state technical university, economic theory and applied economy department, e-mail: [karpovich@fb.nstu.ru](mailto:karpovich@fb.nstu.ru)

**Nikiforova Anzhela Vladimirovna** – Postgraduate, Siberian state university of telecommunications and information science, mathematical modeling business processes department, e-mail: [angel-niks@mail.ru](mailto:angel-niks@mail.ru)

**Poletaykin Aleksey Nikolaevich** – Ph.D. in Technical Sciences, Siberian state university of telecommunications and information science, mathematical modeling business processes department, e-mail: [polietaikin@sibsutis.ru](mailto:polietaikin@sibsutis.ru)