
АЛГОРИТМ АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Федяева Наталья Александровна,

аспирант кафедры экономической теории и мировой экономики
Воронежского государственного университета; nfedyaeva@mail.ru

На основании анализа существующих подходов к оценке устойчивости социально-экономической системы в статье предложен универсальный алгоритм количественной оценки устойчивости как комплексной характеристики механизма функционирования системы. Рассмотренный алгоритм позволяет проанализировать устойчивость с точки зрения синергетики и системного подхода, а также дать количественную оценку указанной характеристики с использованием качественных и количественных показателей, а также дает возможность учесть взаимосвязь подсистем.

Ключевые слова: устойчивость социально-экономической системы, количественная оценка, нечеткая логика, синергетика, системный подход.

Устойчивость социально-экономической системы любого уровня является важнейшей характеристикой, отражающей возможность указанной системы функционировать и сохранять целостность относительно целей своего существования в условиях внешних и внутренних трансформаций. В данном контексте анализ устойчивости является необходимым элементом при разработке стратегии функционирования социально-экономической системы.

В экономической литературе существуют различные алгоритмы оценки устойчивости социально-экономических систем на разных уровнях экономики. Среди алгоритмов анализа устойчивости систем микроэкономического уровня (устойчивость организации) можно отметить исследования Дувановой Е.А. [8], Колкина Д.В. [12], Зинькова Д.В. [10], Соловьева Ю.Ю. [19]. Подходы к оценке устойчивости региона представлены в работах таких экономистов как Кушнарёва О.С., Мигунов Ю.Г. [16], Гаркавая В.Г. [5], Ускова Т.В. [21] и другие.

Однако, несмотря на различия в подходах к анализу систем на различных уровнях экономики, обусловленные особенностью их функционирования, алгоритмы оценки устойчивости не несут в себе существенных различий на ключевых этапах (важнейший из которых - методика расчета итогового показателя). Также можно отметить схожесть ключевых характеристик

функционирования социально-экономических систем различного уровня (неаддитивность, эквивинальность, эмерджентность, стремление к созданию и поддержанию гомеостаза). В связи с этим возможна разработка универсального алгоритма оценки устойчивости социально-экономических систем различного уровня.

Среди всего многообразия методологических подходов к оценке устойчивости социально-экономической системы на современном этапе можно выделить два основных направления:

1. Построение системы частных индикаторов, каждый из которых измеряет отдельные аспекты устойчивости экономической системы (Куцеборский Э.В. [15], Соловьев Ю.Ю. [19], Криворотов В.С. [14], Азаренкова Г.М. и Васильченко А.В. [2], Георгиевская Е.И. [6] и др.).

2. Конструирование агрегированного интегрального показателя устойчивости экономической системы. При этом в алгоритмах используются два основных подхода к вычислению интегрального показателя: как среднее геометрическое частных показателей по подсистемам (Щеткин Б.Н. [23], Запругайло В.М., Кулагина И.И. [9], В.Г. Гаркавая [5] и др.) и как сумма произведений частных показателей по подсистемам на весовые коэффициенты, определяемые экспертным методом (Белый И.И. [4], Шубина К.Д. и Цапля В.Е. [22], Дуванова Е.А. [8] и др.). Рассчитанный одним из этих способов итоговый показатель сглаживает степень влияния отдельных подсистем на общую устойчивость системы.

Как представляется, при оценке устойчивости социально-экономической системы необходимо сочетание двух этих подходов: расчет агрегированного интегрального показателя устойчивости социально-экономической системы должен сопровождаться оценкой частных показателей устойчивости по подсистемам.

Также можно выделить присущие большинству алгоритмов наиболее существенные недостатки, не позволяющие полноценно реализовать процесс количественной оценки данного явления:

– часто алгоритмы не учитывают специфические особенности возможных объектов анализа, что в некотором роде это объяснимо узостью сферы применения каждого из алгоритмов;

– достаточная проработанность алгоритмов на этапе отбора количественных показателей дополняется в них практически полным игнорированием важности качественных показателей устойчивости. Практически не учитывается разнонаправленность влияния показателей на устойчивость, что обычно отражается в неиспользовании понижающих показателей;

– в алгоритмах не предлагается обоснования интерпретации пороговых значений коэффициентов устойчивости: теоретические подходы имеют качественно-интуитивный характер и не дают возможности определения точных границ устойчивости;

– рассматривая влияние отдельных подсистем на устойчивость, алгоритмы не учитывают взаимное влияние подсистем.

Также стоит отметить, что задача оценки устойчивости социально-экономической системы – комплексная задача, в которой объект анализа не только не формализован, но и слабо структурирован, что делает невозможным применение стандартных экономико-математических методов при его исследовании.

Таким образом, можно определить следующие основные принципы построения универсальной методики анализа устойчивости социально-экономической системы:

– наличие возможности учета специфических особенностей конкретной исследуемой системы;

– система показателей должна охватывать все составляющие социально-экономической системы и учитывать влияния важнейших подсистем на устойчивость (в то же время показатели не должны дублировать влияние одинаковых факторов), при этом необходимо использовать как количественные, так и качественные показатели;

– показатели, используемые при расчетах должны обладать свойствами коммутативности и ассоциативности;

– интерпретация итогового показателя устойчивости системы в целом должна сопровождаться анализом устойчивости отдельных подсистем.

В связи с этим можно предложить следующий алгоритм оценки устойчивости социально-экономической системы.

Этап 1. Определение целей анализа.

Анализ устойчивости преследует такие цели, как выяснение фактического уровня устойчивости, а также выявление ресурсов устойчивости, разработка мер по сохранению и поддержанию определенного уровня устойчивости, выявление слабых мест системы.

Помимо целей анализа необходимо на этом этапе сформулировать функции, принципы и методы оценки устойчивости, конкретизировать субъект и объект оценки в рамках концепции.

Результатом данного этапа является когнитивный эскиз изучаемой проблемы, сформулированная цель, программа и план исследования.

Этап 2. Представление объекта анализа в виде системы.

Результатом данного этапа является визуальная модель социально-экономической системы, описание взаимосвязей ее подсистем.

Этап 3. Сбор статистической информации об объекте исследования.

Итогом данного этапа должна стать база данных статистической информации по объекту исследования.

Этап 4. Анализ состояния объекта исследования.

Этап предполагает формализацию модели объекта исследования. Построенная на этапе 2 визуальная модель дополняется количественной

оценкой взаимосвязей и основных показателей деятельности системы в целом и отдельных подсистем.

Этап 5. Определение факторов, характеризующих устойчивость.

На основании анализа статистических, экспертных и теоретических материалов, полученных на этапах 2-4, выявляются факторы, характеризующие устойчивость. При этом факторы необходимо рассматривать в контексте выделенных подсистем.

Учитывая особенности анализа проблемы устойчивости, описанные выше (нечеткость показателей, необходимость использования качественных показателей и т.д.), на данном этапе целесообразно использовать когнитивное моделирование. Оно основано на составлении когнитивной карты [11] (оформленной в виде знакового ориентированного графа, дополненного матрицей смежности (инцидентности) [7]), которая представляет собой наглядную основу для моделирования, позволяя не только выявить факторы, влияющие на социально-экономическую систему, но и определить направление этого влияния.

Этап 6. Выбор показателей оценки уровня устойчивости.

При анализе устойчивости необходимо использовать как количественные показатели, так и качественные. Отметим, что количественные показатели могут быть как статическими (в случае незначительного изменения показателя во времени), так и динамическими (в противоположном случае), что позволяет учесть динамический аспект устойчивости социально-экономической системы. Среди количественных показателей также отдельно следует выделить особую группу так называемых «жестких» показателей, относящихся к группе регламентированных оценочных параметров. Как представляется, для исключения повторного учета влияния на итоговый показатель какого-либо фактора количественные показатели необходимо подвергнуть корреляционному анализу.

Результатом этого этапа является разработанная система показателей устойчивости изучаемого объекта. Отметим, что при разработке системы показателей необходимо руководствоваться принципом обозримости, обосновывающим нецелесообразность использования большого числа показателей.

Этап 7. Определение весов частных показателей в общем показателе устойчивости по подсистеме.

Веса частных показателей, как правило, определяются с помощью экспертного опроса на основе метода простого ранжирования, балльного метода, метода парного сравнения и т.д. [3].

Этап 8. Расчет показателей устойчивости отдельных элементов системы.

На этом этапе проводится нормализация и стандартизация показателей по подсистемам, а затем расчет показателей устойчивости отдельных подсистем рассматриваемой социально-экономической системы.

Стандартизация и нормализация показателей по подсистемам пред-

полагает их приведение к соизмеримому виду. Поскольку все показатели имеют различную размерность, предлагается производить их отображение на единую безразмерную шкалу с помощью линейной функции принадлежности значений показателя стандартному интервалу, в качестве которого выбран отрезок вещественной оси $[0,1]$. Выбор данного отрезка обуславливается тем, что оценка устойчивости во многом схожа с вероятностной оценкой, где вероятность проявления также оценивается на указанном отрезке. На этом этапе возможен учет направления влияния показателя на устойчивость подсистемы (и системы в целом) за счет применения специальных формул. Отметим, что для статических и динамических показателей целесообразно использовать различные способы нормализации и стандартизации.

Для оценки жестких параметров следует использовать отдельный комплексный показатель (I_G^{cm}), который рассчитывается следующим образом:

$$I_G^{cm} = \prod_{i=1}^n K_i^{cm}, \quad (1)$$

где $i = 1, \dots, n$ – число регламентированных показателей; K_i^{cm} – значение i -го регламентированного показателя (1 – параметр соответствует нормативным значениям, 0 – параметр не соответствует нормативным значениям).

Для возможности использовать при анализе качественные показатели их следует задавать с использованием лингвистических переменных, в качестве носителя которых выступает отрезок вещественной оси $[0,1]$.

Использование лингвистических переменных накладывает специфические условия на процесс расчета итоговых коэффициентов устойчивости по подсистемам, а именно необходимость использования инструментов нечеткой логики (fuzzy logic). Тогда агрегирование составляющих показателей на уровень показателей оценки устойчивости по подсистемам может осуществляться на основе матричной схемы агрегирования [1] на основе стандартного пятиуровневого 01-классификатора (разновидностью так называемой «серой» шкалы Пospелова [20]). При этом данная схема может быть применена как к лингвистическим переменным, отражающим качественные характеристики, так и к нормированным и стандартизированным количественным показателям (которые могут быть определены как нечеткие переменные).

Данная схема позволяет перейти к стандартному количественному виду соответствующей функции принадлежности (трапециевидное число). Подробно данная схема рассмотрена, например, у А.О. Недосекина [18].

С учетом нормативных показателей итоговый показатель устойчивости по подсистеме определяется по формуле:

$$s_k = I_G^{cm} A^N = I_G^{cm} \sum_{i=1}^N w_i \sum_{j=1}^5 \alpha_j \mu_{ij}(x_i), \quad (2)$$

где s_k – количественный показатель устойчивости подсистемы k ; α_j – узловые точки стандартного классификатора; w_i – вес i -го фактора в

свертке; $\mu_{ij}(x_i)$ – значение функции принадлежности j -го качественного уровня относительно текущего значения i -го фактора.

Далее по значению показателя s_k делается вывод относительно устойчивости подсистемы, например, с помощью распознавания на основе стандартного пятиуровневого нечеткого классификатора.

Этап 9. Расчет общего (интегрального) показателя устойчивости системы и интерпретация результатов анализа.

Итоговый показатель устойчивости социально-экономической системы отражает устойчивость системы в целом и определяется в зависимости от характеристик всех ее элементов.

Для удобства модель оценки устойчивости социально-экономической системы можно представить как геометрическую фигуру. Отметим, что построение многоугольников при оценке в экономике часто используются, например, при анализе конкурентоспособности [17]. В этом контексте оценка устойчивости может проводится на основе построения пирамиды устойчивости (см. рис.), в основании которой лежит многоугольник устойчивости. Это основание, состоящее из векторов-лучей, определяет степень устойчивости системы. Каждый вектор в своем предельном значении представляет собой радиус круга, соответствующий максимальному потенциалу устойчивости соответствующей подсистемы (в рамках рассматриваемого алгоритма для всех подсистем этот радиус равен единице). Отметим, что расположение векторов также должно быть не случайным. Вектор каждой подсистемы должен располагаться между векторами подсистем, взаимосвязи с которыми наиболее сильны.

Объем полученной пирамиды представляет собой конечную оценку устойчивости социально-экономической системы. При этом уровень устойчивости определяется как отношение объема полученной пирамиды к объему «идеальной» пирамиды, то есть той, в основании которой лежит многоугольник, построенный исходя из максимальной допустимости значения устойчивости по каждой из рассматриваемых подсистем.

Для учета закона Эшби высоту пирамиды будем определять по следующему правилу:

$$H = \prod_{i=1}^n h_i, \quad (3)$$

где H – высота пирамиды, h_i – вывод об устойчивости i -ой подсистемы.

В свою очередь:

$$h_i = \begin{cases} 0, & 0 \leq s_i < 0,25, \\ 1, & 0,25 \leq s_i \leq 1. \end{cases} \quad (4)$$

где s_i – количественное значение устойчивости i -ой подсистемы.

Итоговый уровень устойчивости определяется по формуле:

$$s = \frac{S}{S_c} = \frac{H(s_1s_2 + s_2s_3 + \dots + s_ns_1)}{n}. \quad (5)$$

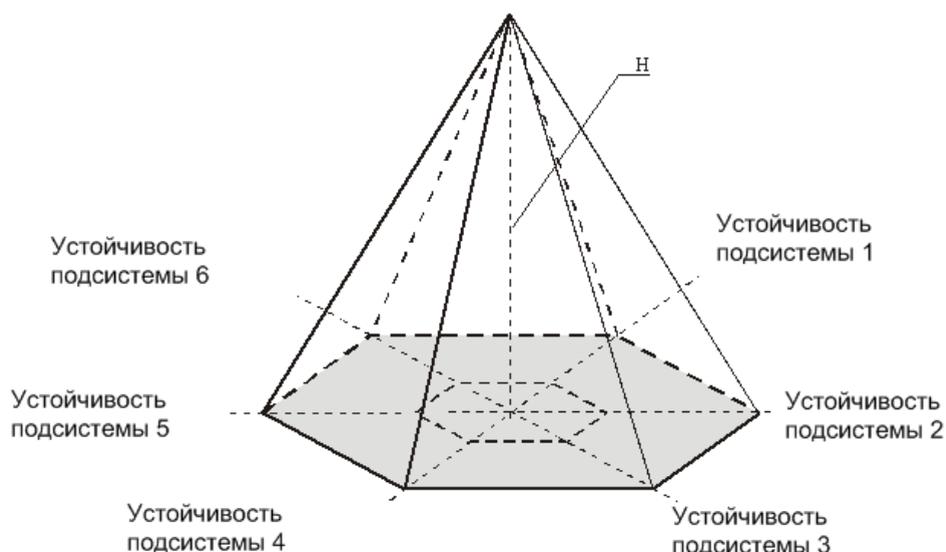


Рис. Графическая интерпретация модели оценки устойчивости социально-экономической системы (в случае 6 подсистем)

Вывод относительно устойчивости социально-экономической системы может быть сделан на основе оценочной шкалы, построенной на основе правила 20-80 [13] (20% факторов определяют 80% устойчивости) (см. табл.).

Область 1 характеризует очень высокую степень устойчивости системы. Область 2 соответствует устойчивому развитию или близкому к нему. Однако в этой зоне могут накапливаться факторы, снижающие устойчивость системы. Область 3 значений интегрального индекса отражает наличие отрицательных тенденций процессов, которые нарушают равновесие системы, и свидетельствует об угрозах безопасности системы. Область 4 значений интегрального индекса представляет собой зону кризиса. Область 5 значений интегрального показателя свидетельствует о том, что в системе начинаются качественно новые процессы, ведущие к полному ее краху.

Таблица

Оценочная шкала устойчивости социально-экономической системы

Область устойчивости	Характеристика системы	Уровень устойчивости
1	Абсолютно устойчивая	$0,8 < s \leq 1$
2	Устойчивая	$0,64 < s \leq 0,8$
3	Устойчивая с признаками неустойчивости	$0,5 < s \leq 0,64$
4	Неустойчивая	$0,4 < s \leq 0,5$
5	Абсолютно неустойчивая	$s \leq 0,4$

Таким образом, предложенный алгоритм оценки устойчивости социально-

экономической системы обладает следующими преимуществами:

1. Универсальность.
2. Использование синергетики и системного подхода.
3. Количественное определение устойчивости на основе использования качественных и количественных показателей (в том числе с учетом динамической составляющей). При этом исключается повторный учет влияния одних и тех же факторов на устойчивость.
4. Модель устойчивости представлена геометрически, что также упрощает интерпретацию полученных результатов.
5. Оценка устойчивости подсистем комбинируется с итоговой оценкой устойчивости системы в целом, что позволяет проводить анализа как влияния отдельных подсистем на устойчивость в целом, так и разрабатывать меры по повышению устойчивости по подсистемам.
6. Использование методов нечеткой логики позволяет оценить устойчивость с определенной степенью достоверности.
7. Полученные показатели устойчивости на всех уровнях попадают в область допустимых значений от нуля до единицы, что позволяет сравнивать их с результатами расчетов устойчивости, полученными с использованием других алгоритмов.

Список источников

1. Nedosekin, A. Fuzzy Financial Management [текст] / A. Nedosekin. – М.: AFA Library, 2003. – 184 p.
2. Азаренкова, Г.М. Разработка модели комплексной оценки финансовой устойчивости на примере АПК «Международный аэропорт Харьков» [текст] / Г.М. Азаренкова, А.В. Васильченко // БИЗНЕСИНФОРМ. – 2009. – №3. – с.85 – 91
3. Айвазян, С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. Учебник для вузов [текст] / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1000 с.
4. Белый, И. И. Управление экономической устойчивостью промышленного предприятия [электронный ресурс] / Интернет-конференция «Проблемы экономифизики и эволюционной экономики». – <http://www.ephes.ru>
5. Гаркавая, В.Г. Интегрированная оценка устойчивости развития регионов [электронный ресурс] / В.Г. Гаркавая. – http://www.rusnauka.com/CCN/Economics/13_garkavaja.doc.htm
6. Георгиевская, Е.И. Экономическая оценка устойчивости корпоративных образований в России [текст] / Е.И. Георгиевская // Саяпинские чтения: сб. мат-лов науч.-практ. конф. Вып. 1. – Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2008.
7. Горелова, Г.В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход [текст] / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, С.А. Радченко. – Ростов на Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2006 – 334 с.

8. Дуванова, Е.А. Развитие механизма повышения устойчивости торговых организаций : дис. канд. экон. наук : 08.00.05 [текст] / Е.А. Дуванова. – Ульяновск, 2010.- 226 с.

9. Запругайло, В.М. Учет временных соотношений процессов при анализе устойчивости отраслей тепло- и электроэнергетики [электронный ресурс] / В.М. Запругайло, И.И. Кулагин. – <http://www.volsu.ni/s.conf/tez.htm>.

10. Зиньков Д.В. Влияние аутсорсинга на экономическую устойчивость предприятия: дис. канд. экон. наук [текст] / Д.В. Зиньков. – Тюмень, 2005. – 159 с.

11. Коврига, С.В. Когнитивная технология стратегического управления развитием сложных социально-экономических объектов в нестабильной внешней среде [текст] / С.В. Коврига, В.И. Максимов // Материалы 1-й международной конференции "Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций". – М.: ИПУ РАН, октябрь 2001. – С. 104-160.

12. Колкин, Д.В. Управление экономической устойчивостью и надежностью функционирования строительного предприятия: автореф. дис. канд. экон. наук [текст] / Д.В. Колкин. – СПб, 2007. – 22 с.

13. Кох Р. Закон Парето или Принцип 80\20 [электронный ресурс] / Р. Кох. – <http://www.elitarium.ru/print.php?id=1995&npage=1>

14. Криворотов, В.С. Управление экономической устойчивостью предприятий в трансформационном периоде: автореф. дис. канд. экон. наук [текст] / В.С. Криворотов. – Краснодар, 2006. – 24 с.

15. Куцеборский, Э.В. Формирование системы управления устойчивым предпринимательством особой экономической зоны в Магаданской области: автореф. дис. канд. экон. Наук [текст] / Э.В. Куцеборский. – СПб, 2007. – 26 с.

16. Кушнарева, О.С. Методы оценки устойчивости развития региона [электронный ресурс] / О.С. Кушнарева, Ю.Г. Мигунов // Проблемы современной экономики. – <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=1526>

17. Мошнов, В.А. Комплексная оценка конкурентоспособности предприятия [электронный ресурс] / В.А. Мошнов. – http://www.cfin.ru/management/strategy/estimate_competitiveness.shtml

18. Недосекин, А.О. Стратегическое планирование с использованием нечетко-множественных описаний [электронный ресурс] // Аудит и финансовый анализ. – 2003. – №2. – http://sedok.narod.ru/s_files/2003/Art_110203.doc

19. Соловьев, Ю.Ю. Формирование стратегии устойчивого экономического развития газохимических предприятий: автореф. дис. канд. экон. наук [текст] / Ю.Ю. Соловьев. – Астрахань, 2007. – 24с.

20. Тарасов, В.С. Послесловие к круглым столам [текст] / В.С. Тарасов // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – №2-3

21. Ускова, Т.В. Управление устойчивым развитием региона: монография [текст] / Т.В. Ускова. – Вологда: ИСЭРТ РАН, 2009. – 355 с.

22. Шубина, К.Д. Оценка влияния реструктуризации естественной монополии на факторы экономической устойчивости ФАО «АЦЭС» [текст] / К.Д. Шубина // Вестник АмГУ. – 2007. – №39. – С. 105-108.
23. Щеткин, Б.Н. Динамическая устойчивость технико-эколога-экономической системы [текст] / Б.Н. Щеткин // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – №3 – С. 50-55

ALGORITHM OF STABILITY ANALYSIS OF SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEM

Fedyaeva Natalya Aleksandrovna,

Post-graduate student of the Chair of Economic Theory and World Economy of Voronezh State University; nfedyaeva@mail.ru

Based on the analysis of existing approaches to estimate the sustainability of socio-economic system in the article authors offer the generic algorithm for quantitative assessment of the stability as a comprehensive characteristic of the system's mechanism of functioning. Considered algorithm allows to analyze the sustainability in terms of synergetics and systematic approach, as well as to quantify this characteristic by using both qualitative and quantitative indicators and also provides an opportunity to consider the relationship of subsystems.

Keywords: sustainability of social and economic system, quantitative assessment, fuzzy logic, synergetics, systematic approach.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Современная экономика: проблемы и решения» принимает к публикации материалы, содержащие результаты оригинальных исследований, оформленных в виде полных статей (до 20 страниц) и кратких сообщений (до 5 страниц).

Опубликованные материалы, а также материалы, представленные для публикации в других журналах, к рассмотрению не принимаются.

Для публикации авторы предоставляют следующие материалы в редакцию журнала (по электронной почте: journal.MEPR@yandex.ru):

1. **Статью**, набранную в текстовом редакторе Microsoft Word и оформленную в соответствии с требованиями: формат А4, шрифт – 14 Times New Roman, интервал – полуторный; поля: левое – 30 мм; верхнее и нижнее – 20 мм; правое – 15 мм.

Не рекомендуется использовать нумерацию страниц и автоматическую расстановку переносов.

Формулы помещаются в текст с использованием редактора формул Microsoft Equation со следующими установками: обычный 14 пт; крупный индекс 9 пт; мелкий индекс 7 пт; крупный символ 18 пт; мелкий символ 12 пт.

Рисунки должны иметь четкое изображение и быть выдержаны, как правило, в черно-белой гамме.

Рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и иметь названия; на них должны быть ссылки в тексте.

Таблицы являются частью текста и не должны создаваться как графические объекты.

Обязательным является указание УДК.

Список источников приводится в конце статьи в алфавитном порядке в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статья должна носить, по преимуществу, аналитический, а не описательный, характер. В ней должен найти четкое отражение авторский подход к решению исследуемой проблемы.

2. **Аннотацию** (2-3 предложения) на русском и английском языках.

3. **Ключевые слова** на русском и английском языках.

4. **Сведения об авторе** (на русском и английском языках): ФИО полностью, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, контактный телефон, адрес электронной почты, адрес для пересылки журнала.

Рукописи всех статей, поступивших в журнал, проходят через институт рецензирования. Максимальный срок рецензирования – от даты поступления до вынесения решения – составляет 1 месяц.

Плата с авторов за рецензирование статей не взимается. Плата за публикацию взимается в случае положительной рецензии.

Плата с аспирантов за рецензирование и публикацию статей (без соавторов) не взимается.

Авторы имеют право использовать все материалы в их последующих публикациях при условии, что будет сделана ссылка на публикацию в журнале «Современная экономика: проблемы и решения».

Материалы, не соответствующие указанным требованиям, рассматриваться не будут.