

УДК 004.942

DOI: 10.12737/article\_5a337fbd303d66.87300301

А.В. Аверченков, Е.Э. Аверченкова, Д.И. Гончаров, В.П. Федоров, Г.А. Федяева

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СОВЕТУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Предложен алгоритм для построения математических зависимостей, позволяющих прогнозировать социально-экономическое развитие региона РФ в разрабатываемой информационной советующей системе. На его основе в программном модуле Statistica сформированы уравнения регрессии, описывающие наиболее значимые тренды в социально-экономическом развитии

Брянской области. Для полученных функций определена степень соответствия трендовой модели исходным данным.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, социально-экономическое развитие, регрессионный анализ, информационная советующая система, управленческие решения.

A.V. Averchenkov, E.E. Averchenkova, D.I. Goncharov, V.P. Fedorov, G.A. Fedyaeva

## BRYANSK REGION SOCIAL ECONOMIC DEVELOPMENT SIMULATION FOR ADVISING INFORMATION SYSTEM

In this paper there is described an approach to the computer model creation of social economic processes by the example of the Bryansk region. A flow block is presented, which manifests the logic of the operation of an advising information system, a choice of an approximating function type, which is selected according to the method of least deviations from actual point data. The assessment of actual suitability of the created simulator is carried out by the computation of a determination rate. The verification of models created is carried out with the aid of the data of the department for economic development of the Bryansk region; there are defined basic tendencies of their changes in the course of the period of time under consideration. In the paper it is offered to form a forecast of a region development on 12 directions, a

total number of specific indices to the computation is 44. At the formation of mathematic functions there were used statistical data of 2011-2016 and data forecasted for the Bryansk region up to 2019 taken from the official documentation of the Bryansk regional government for the development of the forecast of social economic development of the Russian Federation for the period up to 2019 (for the subjects of the Russian Federation). For easier comprehension the computation data are presented as 3D diagrams. Besides, the paper reports the assessment of efficiency and actuality of all mathematical approaches, models and methods used.

**Key words:** mathematical modeling, social economic development, regression analysis, advising information system, management decisions.

Моделирование социально-экономического развития региона характеризуется прежде всего сложностью учета влияющих факторов [1]. Следовательно, формирование реалистичной математической модели, описывающей процессы в региональной социально-экономической системе, позволит менеджерам регионального правительства принимать обоснованные управленческие решения.

Для унификации подхода к построению математических зависимостей, позволяющих прогнозировать значения показателей социально-экономического развития любого региона РФ в информационной со-

ветующей системе (ИСС), ниже предлагается соответствующий алгоритм (рис. 1).

Алгоритм обосновывает целесообразность применения конкретной математической функции для описания трендов развития показателей прогноза социально-экономического развития региона РФ в разрабатываемой ИСС. Так, пользователь ИСС может выбрать конкретные показатели, закрепленные за исполнительными органами государственной власти или структурными подразделениями регионального правительства, которые будут моделироваться средствами ИСС. Для них производится выбор типа аппроксимирующей функции по методу наи-

меньших отклонений от фактических точечных данных. Оценка практической пригодности построенной математической модели осуществляется путем расчета коэффициента детерминации  $R^2$ : если  $R^2 > 0,5$ , то предлагаемая математическая модель пригодна для практического применения в ИСС, в противном случае программой осуществляется выбор другого типа аппроксимации.

Оценка полученных аппроксимирующих функций производится по критерию Фишера, расчетные значения которого сравниваются с табличным согласно принятому уровню значимости  $\alpha = 0,05$ . Если расчетное значение F-критерия больше критического, то построенную математическую модель считают адекватной (работчей) с вероятностью  $1 - \alpha$ , в противном случае модель считается нерабочей при заданном уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и выполняется выбор другого вида функции.

ИСС определяет, требуется ли для аппроксимирующей функции линеаризация. Если да, то для новой, линеаризованной функции рассчитывается коэффициент детерминации  $R^2$ . Если он больше соответствующего показателя для исходной аппроксимирующей функции, то происходит переход к завершению алгоритма и осуществляется расчет соответствующих характеристик принятой функции показателей прогноза социально-экономического развития региона.

Параметры полученных функций характеризуются по t-критерию, рассчитываются средние квадратические отклонения факторного и результативного признаков от своих усредненных значений, рассчитывается коэффициент эластичности и определяются факторы, оказывающие наиболее ощутимое влияние на результативный признак, определяется коэффициент корреляции и его значимость по t-критерию.

Таким образом, для каждого показателя, закрепленного за исполнительными органами государственной власти или структурными подразделениями регионального правительства, в ИСС проводится выравнивание данных с помощью

аппроксимирующих функций. ИСС оценивает значения показателей на ближайшую перспективу и с учетом принципа существенности, изложенного ниже, формирует рекомендации о необходимости управленческого воздействия на показатели [2].

Для апробации алгоритма, представленного на рис. 1, авторами был выбран Департамент экономического развития Брянской области в качестве базового структурного подразделения регионального правительства [3]. Показатели, закрепленные за ним, характеризуют следующие направления социально-экономической сферы: население, производство товаров и услуг, торговля и услуги населению, внешнеэкономическая деятельность региона, малое и среднее предпринимательство, инвестиции региона, труд и занятость, развитие социальной сферы, окружающая среда, туризм.

Такой выбор объясняется тем, что Департамент экономического развития Брянской области реализует задачи по социально-экономическому развитию региона, осуществляет стратегическое планирование, способствует развитию инновационной активности в регионе, осуществляет контроль выполнения государственных и региональных программ на территории Брянской области и т.д. [1]. Следовательно, показатели, определяемые этим департаментом, имеют ключевое место в социально-экономическом развитии региона.

В работе предлагается сформировать прогноз развития региона по 12 направлениям, общее количество конкретных показателей к расчету составляет 44. При формировании математических функций были использованы статистические данные за 2011-2016 гг. и прогнозируемые данные Брянского региона до 2019 г., взятые из официальной документации правительства Брянской области для разработки прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2019 г. (для субъектов Российской Федерации).

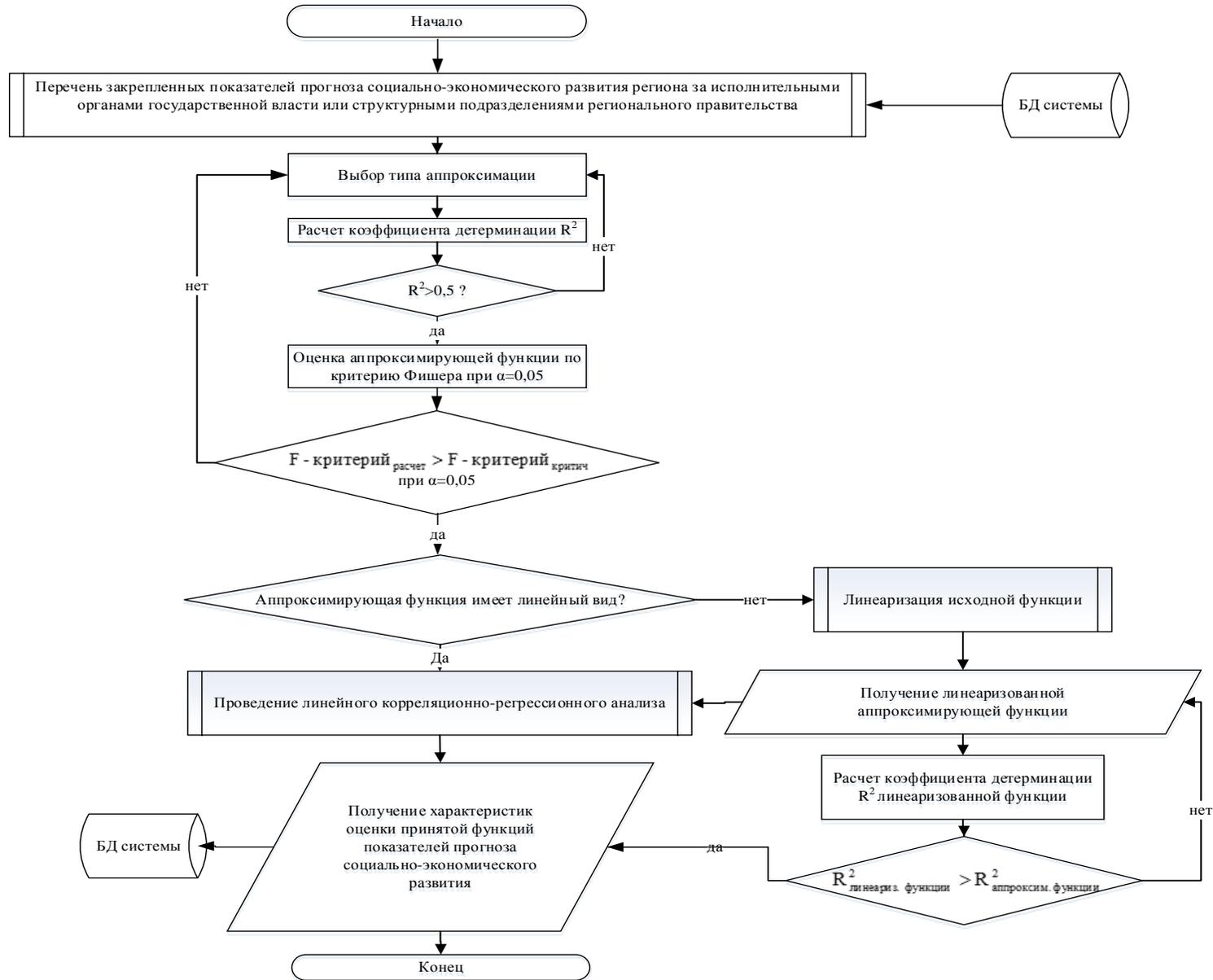


Рис. 1. Алгоритм формирования показателей прогноза социально-экономического развития региона в ИСС

При моделировании показателей был использован такой влияющий фактор, как финансирование соответствующих направлений социально-экономического развития региона. Для этого применялась ведомственная структура расходов Департамента экономического развития Брянской области за 2011-2019 гг. Ранее в статьях авторов были рассмотрены особенности формирования и расходования бюджета Брянской области на 2016-2019 гг. [3;4]. Было показано, что ведомственная структура расходов бюджета как распределение бюджетных ассигнований, предусмотренных законом Брянской области о бюджете, определяет объем и направление финансирования приоритетных для региона направлений его социально-экономического развития. Прогнозирование собственных доходов областного бюджета осуществлялось в соответствии с нормами, установленными статьей 174.1 Бюджетного кодекса

Российской Федерации. Кроме того, при расчетах учитывались положения нормативных правовых актов Российской Федерации и Брянской области, предусматривающие изменения в законодательстве о налогах и сборах, бюджетном законодательстве, вступившие в действие с 1 января 2017 года.

В таблице в качестве примера приводятся аппроксимирующие функции по основным группам показателей развития региональной социально-экономической системы и их характеристики.

Итак, при формировании модели показателей социально-экономического развития Брянской области были получены аппроксимирующие функции, ограниченные диапазоном заданных значений ведомственных расходов бюджета Брянской области за 2012 – 2019 гг. и выступающие в качестве интерполирующей зависимости.

Таблица

Основные характеристики функций показателей прогноза социально-экономического развития Брянской области

Характеристика	Валовой региональный продукт, $y = 5,3938x^4 - 97,948x^3 + 1952,4x^2 + 11176x + 197178$	Индекс потребительских цен, $y = 0,0811x^4 - 1,2929x^3 + 6,0538x^2 - 7,5484x + 107,64$	Индекс промышленного производства, $y = 0,2975x^4 - 5,686x^3 + 36,884x^2 - 91,942x + 175,52$	Инвестиции в основной капитал, $y = -170,57x^4 + 3407,3x^3 - 23172x^2 + 64250x + 1868,7$
Показатель достоверности аппроксимации $R^2$	0,999	0,728	0,830	0,988
Критерий Фишера (F-критерий)	8565,43	16,05	29,38	506,82
Коэффициент эластичности $\varepsilon$	-3,26	-2,88	-5,94	-3,48
$\sigma_x$	57080,69	3,81	5,83	9250,48
Фактическое значение t-критерия параметра $a, t_a$	12,31	11,21	20,05	12,95
Фактическое значение t-критерия параметра $b, t_b$	1,87	0,29	0,93	1,43
Парный коэффициент корреляции $r$	-0,76	-0,12	-0,38	-0,58
Коэффициент детерминации $D, \%$	58,44	1,45	14,48	34,11
Фактическое значение t-критерия коэффициента $r, t_{кр}$	2,90	0,30	1,01	1,76

Сложности, взаимное влияние процессов, протекающих в социально-экономической системе региона, определили выбор типа аппроксимации с помощью полинома 4-й степени. Формирование функций производилось с помощью ресурсов MS Excel. Так как аппроксимирующие функции являются нелинейными, то была проведена их линеаризация путем замены переменной [5;6]. Также были рассчитаны некоторые показатели, характеризующие полученные математические модели. Для оценки средней вариации факторных и результирующего признаков были рассчитаны соответствующие среднеквадратические отклонения. Значимость параметров  $a$  и  $b$  уравнения регрессии была оценена с помощью коэффициентов Стьюдента  $t_a$  и  $t_b$ . Проведено сравнение их с табличными значениями. Аналогично (по критерию Стьюдента) была проанализирована значимость рассчитанного коэффициента корреляции.

Расчет достоверности аппроксимации  $R^2$  для полученных математических функций показал тесноту связи между рассматриваемыми признаками и дал оценку надежности вида предлагаемого уравнения регрессии. Для всех функций, представленных в таблице,

показатель  $R^2$  имеет величину, превосходящую значение 0,5. Так как применяемый тип аппроксимации является полиномиальным, то возникла необходимость оценить, насколько лучше предложенный вид выравнивания, чем обычный линейный. Для этого был использован коэффициент детерминации  $D^2$ . Анализ значений  $D^2$  показал, что полученные полиномиальные уравнения регрессии являются более надёжными, чем линейная регрессионная модель.

Использование критерия Фишера для проверки значимости построенной регрессионной модели оценивалось с надёжностью 95%. Все расчетные значения F-критерия были больше табличного критического значения ( $F_{\text{критич}}=5,99$ ). Расчетные значения  $F_{\text{расч}}$  для всех функций совпадали, так как количество наблюдений ( $n=8$  лет) и число объясняющих переменных ( $k=1$ ) во всех случаях были одинаковыми [7]. Очевидно, что предложенные модели с вероятностью 95% являются адекватными.

Ниже приведено визуальное представление некоторых полученных зависимостей, описывающих наиболее значимые тренды в социально-экономическом развитии Брянской области (рис. 2).

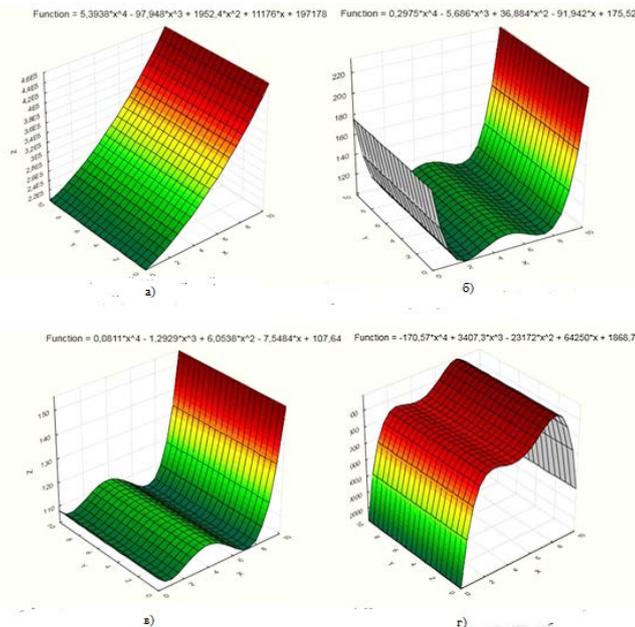


Рис. 2. Пример полученных зависимостей, описывающих наиболее значимые тренды в социально-экономическом развитии Брянской области: а - валовой региональный продукт (млн руб.); б - индекс промышленного производства (в % к предыдущему году в сопоставимых ценах); в - индекс потребительских цен за период с начала года (в % к предыдущему году); г - инвестиции в основной капитал (в ценах соответствующих лет, млн руб.)

Предложенный авторами алгоритм позволяет сформировать математические функции для прогнозирования социально-экономического развития отдельных регионов РФ. С учетом получаемых результатов разрабатываемая ИСС формирует управленческие мероприятия,

которые назначаются в соответствии с системой продукционных правил [1]. Это позволит учитывать разные комбинации трендов показателей прогноза социально-экономического развития отдельного региона РФ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверченкова, Е.Э. Информационный мониторинг региональных социально-экономических систем / Е.Э. Аверченкова, А.В. Аверченков. - Брянск: БГТУ, 2016. - 177с.
  2. Аверченкова, Е.Э. Концептуальная модель оценки влияния внешней среды на региональную социально-экономическую систему / Е.Э. Аверченкова, А.В. Аверченков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. -2016. - № 9. - С. 148-153.
  3. Аверченкова, Е.Э. Особенности формирования и распределения бюджета Брянской области в 2016 г. / Е.Э. Аверченкова, К.Ю. Помогаева // Проблемы сохранения культурного наследия: материалы VI междунар. семинара (2 дек. 2016 г.) / филиал ОАНО ВО «МПСУ» в г. Брянске. - Брянск: Новый проект, 2017. - С. 165-171.
  4. Аверченкова, Е.Э. Обзор основных направлений формирования бюджета Брянской области на 2017-2019 гг. / Е.Э. Аверченкова, Д.И. Гончаров // Проблемы сохранения культурного наследия: материалы VI междунар. семинара (2 дек. 2016 г.) / филиал ОАНО ВО «МПСУ» в г. Брянске. - Брянск: Новый проект, 2017. - С. 162-165.
  5. Сухарев, О.С. Региональная экономическая политика: структурный подход и инструменты (теоретическая постановка) / О.С. Сухарев // Экономика региона. - 2015. - № 2.
  6. Сухарев, О.С. Отдельные современные проблемы регионального развития / О.С. Сухарев // Современные тенденции регионального развития: материалы III междунар. науч.-практ. конф. - 2017. - С. 32-51.
  7. Сухарев, О.С. Экономическая стратегия и тактика в России / О.С. Сухарев // Управление стратегическим развитием территорий: сб. науч. тр. / отв. ред. О.Н. Фомин. - 2016. - С. 13-16.
1. Averchenkova, E.E. *Information Monitoring of Regional Social Economic Systems* / E.E. Averchenkova, A.V. Averchenkov. – Bryansk: BSTU, 2016. – pp. 177.
  2. Averchenkova, E.E. Conceptual model of assessment of environment impact upon regional social-economic system / E.E. Averchenkova, A.V. Averchenkov // *Bulletin of Shukhov STU*. – 2018. – No.9. – pp. 148-153.
  3. Averchenkova, E.E. Peculiarities in budget formation and distribution of the Bryansk region in 2016 / E.E. Averchenkova, K.Yu. Pomogaeva // *Problems of Cultural Heritage Preservation: Proceedings of the VI-th Inter. Seminar (December 2, 2016)* / Branch of OASC VO “MPSU” in Bryansk. – Bryansk: New Project, 2017. – pp. 165-171.
  4. Averchenkova, E.E. Basic directions review in budget formation of the Bryansk region for 2017-19 / E.E. Averchenkova, D.I. Goncharov // *Problems in Cultural Heritage Preservation: Proceedings of the VI-th Inter. Seminar (December 2, 2016)* / Branch of OASC VO “MPSU” in Bryansk. – Bryansk: New Project, 2017. – pp. 162-165.
  5. Sukharev, O.S. Regional economic policy: structural approach and tools (theoretical setting) / O.S. Sukharev // *Region Economy*. – 2015. – No.2.
  6. Sukharev, O.S. Some current problems in regional development / O.S. Sukharev // *Current Trends of Regional Development: Proceedings of the III-d Inter. Scientif. Tech. Conf.* – 2017. – pp. 32-51.
  7. Sukharev, O.S. Economic strategy and tactics in Russia / O.S. Sukharev // *Strategic Development Management of Regions: Proceedings* / O.N. Fomin, responsible editor. – 2016. – pp. 13-16.

Статья поступила в редколлегию 20.11.17.

Рецензент: д.п.н., профессор Брянского государственного технического университета  
Спасенников В.В.

**Сведения об авторах:**

**Аверченков Андрей Владимирович**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Компьютерные технологии и системы» Брянского государственного технического университета, тел.: (4832) 58-83-62, e-mail: [mahar@mail.ru](mailto:mahar@mail.ru).

**Аверченкова Елена Эдуардовна**, к.т.н., доцент кафедры «Экономика, организация производства и управление» Брянского государственного технического университета, тел.: (+7903) 869-14-30, e-mail: [lena\\_ki@inbox.ru](mailto:lena_ki@inbox.ru).

**Гончаров Дмитрий Иванович**, студент кафедры «Системы информационной безопасности»

**Averchenkov Andrey Vladimirovich**, D. Eng., Prof., Head of the Dep. "Computer Techniques and Systems", Bryansk State Technical University, e-mail: [mahar@mail.ru](mailto:mahar@mail.ru).

**Averchenkova Elena Eduardovna**, Can. Eng., Assistant Prof. of the Dep. "Economy, Production Organization and Management", Bryansk State Technical University, e-mail: [lena\\_ki@inbox.ru](mailto:lena_ki@inbox.ru).

Брянского государственного технического университета, тел.: (+7915) 538-08-40, e-mail: [jeriho32@yandex.ru](mailto:jeriho32@yandex.ru).

**Фёдоров Владимир Павлович**, д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения» Брянского государственного технического университета, тел.: (4832) 58-82-20, e-mail: [tm-bgtu@yandex.ru](mailto:tm-bgtu@yandex.ru).

**Федяева Галина Анатольевна**, д.т.н., доцент кафедры «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы» Брянского государственного технического университета, тел.: (4832) 56-36-02, e-mail: [aep-bgtu@yandex.ru](mailto:aep-bgtu@yandex.ru).

**Goncharov Dmitry Ivanovich**, Student of the Dep. "Information Safety Systems", Bryansk State Technical University, e-mail: [jeriho32@yandex.ru](mailto:jeriho32@yandex.ru).

**Fyodorov Vladimir Pavlovich**, D. Eng., Prof. of the Dep. "Engineering Techniques", Bryansk State Technical University, e-mail: [tm-bgtu@yandex.ru](mailto:tm-bgtu@yandex.ru).

**Fedyeva Galina Anatolievna**, D. Eng., Assistant Prof. of the Dep. "Electronic, Radio-Electronic and Electro-Technical Systems", Bryansk State Technical University, e-mail: [aep-bgtu@yandex.ru](mailto:aep-bgtu@yandex.ru).