

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
"БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УДК 330.45

ЖЕСТКОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ
НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА**

08.00.13 — математические и инструментальные методы в экономике

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Минск – 2004

ПО "Белорусско-Российский университет"

— доктор технических наук, профессор
Севастьянов П.В.,
зав. кафедрой "Информационные системы и
экономическая информатика" Технологиче-
ского университета Ченстохова, Польша

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, стар-
ший научный сотрудник Кравцов М.К.,
зав. отделом "Экономико-математическое мо-
делирование" НИЭИ Министерства эконо-
мики Республики Беларусь

кандидат экономических наук, доцент
Неправский А.А.,
кафедра "Экономика и управление" ВШУБ
БГЭУ

Оппонирующая организация — УО "Белорусский государственный универ-
ситет"

Защита состоится 21 января 2005 г. в 14³⁰ на заседании совета по защите
диссертаций Д.02.07.02 при УО "Белорусский государственный экономический
университет" по адресу: 220070, г. Минск, просп. Партизанский, 26, зал заседа-
ний совета (ауд. 205), тел. 249-51-07.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО "Белорусский госу-
дарственный экономический университет".

Автореферат разослан "20" декабря 2004 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
доктор экономических наук, профессор



И.И. Полещук

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Диссертационная работа посвящена разработке метода многокритериальной оценки качества на различных стадиях производственного процесса от проектирования до заключения контрактов на сбыт готовой продукции.

Переход к рыночной экономике предполагает формирование принципиально нового отношения к проблемам качества на предприятиях Республики Беларусь. Достижение высокого качества продукции имеет большое значение не только для производителей и потребителей, но и для всей экономики страны в целом. Производство товаров и услуг высокого качества влечет рост продаж и рентабельности, укрепляет положение предприятия на отечественных и зарубежных рынках сбыта, что, в свою очередь, способствует росту экспортного потенциала национальной экономики, увеличению доходной части платежного баланса страны, улучшению благосостояния и повышению жизненного уровня населения. Поэтому необходима постоянная, четко распланированная работа по управлению качеством на различных стадиях производственного процесса.

Однако следует учитывать, что существенно повысить качество продукции путем проведения разовых, пусть даже крупных, мероприятий нельзя. Устойчивый рост качества может быть результатом систематических, плановых, увязанных в единый комплекс мероприятий, которые являются частью системы управления качеством. Управление качеством — это действия, осуществляемые при создании, эксплуатации продукции, цель которых — установить, обеспечить и поддерживать необходимый уровень ее качества.

Управление качеством включает множество методов и средств, позволяющих обеспечить высокое качество на стадиях проектирования, производства и сбыта продукции. Для управления качеством необходимо проводить его оценку, однако существующие методы оценки качества не позволяют учесть всю полноту полезной информации, получаемой в процессе проведения оценки, что может привести к принятию неэффективных и неоптимальных управленческих решений. В связи с этим возникает необходимость разработки новых эффективных методик, позволяющих адекватно оценивать качество.

Предприятия Республики Беларусь устанавливают партнерские отношения со странами ближнего и дальнего зарубежья, обновляют ассортимент и номенклатуру производимой продукции. Это требует управления качеством на каждом этапе от создания проекта продукции до заключения коммерческих контрактов.

Однако до сих пор качеству уделяется недостаточно внимания. На отечественных предприятиях понятие "качество" нередко связано с понятиями "брак" и "рекламации". Как правило, наибольшее внимание уделяется конечному контролю качества готовой продукции, который позволяет снизить количество некачественных изделий, поступающих потребителю, и количество рекламаций. Практически не рассматриваются вопросы обеспечения качества на стадии проектирования и производства продукции. На этапе продажи продукции также не всегда проводится оценка заключаемых контрактов, что может при-

вести к потерям предприятия-производителя из-за выбора неоптимального варианта контракта.

Достижение высокого качества во всех сферах производственной деятельности предприятия связано с применением комплексных мер по оценке качества и управлению им. Однако, поскольку качество является сложным показателем, оценка его затруднена. Ощущается недостаток эффективных методик, позволяющих учитывать весь объем информации, необходимой для адекватной оценки качества.

Актуальность исследования объясняется необходимостью решения задач повышения качества продукции и конкурентоспособности предприятий Республики Беларусь.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Исследования проводились в рамках госбюджетной тематики кафедры "Экономическая информатика" Могилевского государственного технического университета (с июля 2003 г. Белорусско-Российский университет) в соответствии с заданиями следующих НИР:

1. Развитие методологии и алгоритмов решения задач управления производственными, коммерческими и финансовыми системами при совокупном воздействии статистических и нестатистических неопределенностей (№ ГР 19962034, 1996—2000 гг.).

2. Совершенствование методов математического моделирования и оптимизации параметров технико-экономических систем в условиях переходной экономики (№ ГР 20011906, 2001—2005 гг.).

3. Совершенствование работы центров трансфера технологий, региональных маркетинговых и инновационных центров высшей школы (№ ГР 20021911, 2003 г.).

4. Разработка методики многокритериальной оценки качества производственных процессов: проект, продукт, коммерческий контракт (№ ГР 2003396, 2003 г.).

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка инструментального метода многокритериальной оценки качества объектов на всех стадиях производства, что обусловило постановку и решение следующих задач:

- разработать алгоритм многокритериальной оценки качества объектов в условиях неопределенности нестатистической природы;

- разработать базовую методику многокритериальной оценки качества сложных объектов;

- разработать методику многокритериальной оценки качества проектных решений;

- разработать методику многокритериальной оценки качества продукции;

- разработать методику многокритериальной оценки качества коммерческих контрактов;

- разработать программное обеспечение, реализующее метод многокритериальной оценки качества.

- апробировать разработанные методики на конкретных объектах.

Объект и предмет исследования. Объект исследования — качество сложных объектов на различных стадиях производственного процесса.

Предметом исследования являются:

- а) оценка качества сложных объектов на всех этапах производственного процесса на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности;**
- б) способы учета многокритериальности и неопределенности параметров, характеризующих качество объектов.**

Методология и методы исследования. Методологической основой диссертационного исследования является диалектический подход, выражающийся в системном и всестороннем изучении проблем качества. Теоретической основой исследования послужили материалы, определяющие требования к качеству проектов, продукции, коммерческих контрактов, а также работы ведущих отечественных и зарубежных специалистов. Эмпирической базой исследования послужили данные о производственной и коммерческой деятельности ОАО "Могилевский металлургический завод".

При выполнении работы использовались методы системного анализа и синтеза, научной абстракции, теория нечетких множеств, метод анализа иерархий Т. Саати, метод неопределенных множителей Лагранжа.

При программной реализации разработанных методик широко применялась методология объектно-ориентированного программирования.

Научная новизна и значимость результатов заключается в создании инструментального метода оценки качества в условиях неопределенности.

К наиболее существенным результатам, содержащим научную новизну, относятся:

- новый метод многокритериальной оценки качества в условиях неопределенности, отличающийся возможностью учета большого числа количественных и качественных факторов, влияющих на качество объекта, позволяющий успешно разрешить проблему противоречивости, неравноценности и разнообразия этих факторов путем введения обобщенного количественного показателя качества. Важным преимуществом метода является возможность адекватной обработки и учета выраженных вербально мнений экспертов;

- система качественных и количественных критериев оценки качества проектных решений, позволяющая учесть технические, эргономические и прочие параметры проектируемой продукции, а также методика многокритериальной оценки качества проектных решений, отличающаяся получением количественных оценок различных вариантов проектов и возможностью сопоставления их с целью выбора наилучшего;

- система качественных и количественных критериев оценки качества продукции, позволяющая учитывать различные аспекты производственного процесса, влияющие на качество выпускаемой продукции, а также методика многокритериальной оценки качества продукции, которая позволяет определять наиболее значимые факторы с целью дальнейшего управления ими для достижения более высокого качества продукции;

- система качественных и количественных критериев оценки качества коммерческих контрактов, позволяющая агрегировать различные разделы и условия контракта в обобщенный количественный показатель, а также методика многокритериальной оценки качества коммерческих контрактов, которая дает

возможность определять наиболее весомые разделы контракта, сравнивать несколько вариантов контракта для выбора оптимального.

Практическая (экономическая, социальная) значимость результатов.

Практическая значимость результатов состоит в разработке метода, позволяющего проводить оценку качества на стадиях проектирования, производства и сбыта готовой продукции. Метод позволяет обрабатывать сложные иерархические объекты; предоставляет лицам, принимающим решения, широкие возможности при определении существенных критериев качества, описании их с помощью количественных или качественных характеристик; адекватно учитывать вербальную информацию от экспертов, что приводит к получению реалистичной оценки ситуации и принятию эффективных управленческих решений. В качестве результата метод выдает обобщенную количественную оценку объекта, что упрощает сравнение нескольких альтернатив и выбор наилучшей из них.

Разработанный метод и методики многокритериальной оценки качества реализованы в виде программного обеспечения (ПО). Применение данного ПО позволяет проводить оценку качества сложных объектов на различных этапах производства. Разработанное ПО используется в деятельности РУП "Научно-аналитический центр информации, инноваций и трансфера технологий". ПО для многокритериальной оценки качества продукции было рассмотрено и принято на ОАО "Могилевский металлургический завод". Базовые положения разработанной методики моделирования в условиях неопределенности являются достаточно универсальными для применения их в различных предметных областях. Результаты исследований используются в практике преподавания дисциплин "Компьютерные информационные технологии" и "Экспертные системы" на кафедре "Экономическая информатика" Могилевского государственного технического университета. Научные и практические результаты исследований, рекомендации по применению разработанных в диссертации методик подтверждаются соответствующими актами о внедрении и могут быть использованы предприятиями Республики Беларусь для оценки качества проектных решений, продукции, контрактов с целью выбора наилучшего варианта из множества возможных, что позволит повысить эффективность хозяйственной деятельности предприятия.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- базовый метод многокритериальной оценки качества в условиях неопределенности, отличающийся возможностью учета большого числа количественных и качественных факторов, влияющих на качество объекта, позволяющий адекватно обрабатывать и учитывать выраженные вербально мнения экспертов, успешно разрешающий проблему противоречивости, неравноценности и разнообразия этих факторов путем введения обобщенного количественного показателя качества;

- методика многокритериальной оценки качества проектных решений, отличающаяся получением количественных оценок различных вариантов проектов и возможностью сопоставления этих вариантов с целью выбора наилучшего, а также система качественных и количественных критериев оценки качества проектных решений, позволяющая учесть технические, эргономические и прочие параметры проектируемой продукции;

- методика многокритериальной оценки качества продукции, которая позволяет определять наиболее значимые факторы с целью дальнейшего управления ими для достижения более высокого качества продукции, а также система качественных и количественных критериев оценки качества продукции, позволяющая учитывать различные аспекты производственного процесса, влияющие на качество выпускаемой продукции;

- методика многокритериальной оценки качества коммерческих контрактов, которая дает возможность определять наиболее весомые разделы контракта, сравнивать несколько вариантов контракта для выбора оптимального, а также система качественных и количественных критериев оценки качества коммерческих контрактов, позволяющая агрегировать показатели различных разделов и условий контракта в обобщенный количественный показатель;

- прикладное программное обеспечение, реализующее разработанный метод многокритериальной оценки качества.

Личный вклад соискателя. Представленная работа является самостоятельным научным исследованием. Лично автором разработаны все основные положения, выносимые на защиту, а также алгоритмическое и программное обеспечение, реализующее указанные методики. Соавторы опубликованных работ приняли участие в определении цели и задач, выборе методов исследования, обсуждении результатов.

Апробация результатов диссертации. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на международных и республиканских научных, научно-практических, научно-технических конференциях: "Региональное сотрудничество" (Гродно, 2000), VII Польско-чешской математической конференции (Ченстохова, 2000), 36-й студенческой научно-технической конференции (Могилев, 2000), "Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях" (Гомель, 2001, 2002), международной конференции NITe'2000 (Минск, 2000), "Упрочение, восстановление и ремонт на рубеже веков" (Новополоцк, 2001), научно-технической конференции вузов приграничных регионов славянских государств (Брянск, 2001), международной конференции ICINASTe'2001 (Минск, 2001), "Создание и применение высокоэффективных наукоемких ресурсосберегающих технологий, машин и комплексов" (Могилев, 2001), "Современные технологии, машины и оборудование" (Могилев, 2002), "Проблемы социально-экономического развития Республики Беларусь: пути их решения" (Могилев, 2002).

Программное обеспечение, реализующее разработанные методики, представлялось на 5 выставках, в том числе на научно-технической выставке по развитию двустороннего сотрудничества между Республикой Беларусь и Республикой Польша (Гродно, 2000), Международной выставке "Вузовская наука: приборы, технологии, материалы, программное обеспечение" (Минск, 2000), Международной специализированной выставке "Перспективные технологии и системы: информатика, телекоммуникации, безопасность" — PTS'2002 (Минск, 2002), Международном салоне инноваций и инвестиций (Москва, 2003 (золотая медаль, диплом)), Ганноверской промышленной ярмарке CeBIT-2003 (Ганновер, 2003).

Опубликованность результатов. По результатам исследования опубликованы 3 статьи в научно-практических журналах, 2 статьи в сборниках научных трудов, 2 статьи в сборниках трудов конференций, тезисы 9 докладов и выступлений на научных конференциях. Общий объем опубликованных материалов составляет 56 страниц.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, списка использованных источников, включающего 187 наименований, приложений. Полный объем диссертации составляет 145 страниц, в том числе 56 рисунков, 34 таблицы, 5 приложений на 43 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе "Теоретические проблемы оценки качества как базисной экономической категории" проведен анализ концептуальных подходов к категории "качество", сравнительный анализ существующих методик многокритериальной оценки.

Взгляды на понятие "качество" менялись в процессе развития экономической теории и практики. На сегодняшний день на белорусских предприятиях складывается мнение, что достижение высокого качества имеет важнейшее значение в хозяйственной деятельности. Однако при этом качество рассматривается по отношению к произведенной продукции, а качество проектирования продукции и сбытовой деятельности не всегда оценивается. При подобном подходе наибольшее внимание уделяется браку и рекламациям. На предприятиях существует система контроля качества выпускаемой продукции, ведется учет и анализ брака, но в большинстве случаев отсутствует система управления качеством, которая охватывала бы все стадии производственного процесса от замысла до сбыта. Нормы ИСО-9002 предусматривают обязательную оценку проектных решений, продукции и коммерческих контрактов.

Управление качеством включает предотвращение ошибок, контроль и исправление ошибок.

Если предприятие стремится достичь конкурентоспособности на рынке, то неприемлемо заниматься финансированием только контроля качества. Однако следует отметить, что большинство отечественных предприятий обеспечивает качество только на последнем этапе, т.е. проводит окончательный контроль качества уже выпущенной продукции. При подобном подходе невозможно своевременно выявить причины низкого качества продукции и устранить их. Такая важная задача управления качеством, как предотвращение ошибок, предприятиями также не решается.

На зарубежных предприятиях сложился иной подход к качеству. Это видно из того, как распределяются затраты на качество. Затраты на контроль и предотвращение ошибок рассматриваются как капиталовложения, приносящие прибыль, а затраты на исправление ошибок — как убытки. Очевидно, что при таком подходе предприятие стремится снизить убытки и увеличить вложение

средств на предотвращение ошибок. Для этого широко используются методы управления качеством. Оценка качества различных вариантов для выбора наилучшего является неотъемлемой частью управления качеством.

Качество является комплексным показателем, на который оказывает влияние множество факторов. Для его оценки необходимо использовать специфические методы.

Для структурирования задач часто применяется разработанный американским ученым Т. Саати "метод анализа иерархий" (МАИ), который дает возможность представить иерархически элементы, определяющие суть решаемой проблемы. Метод предполагает декомпозицию проблемы на более простые составляющие части и дальнейшую обработку последовательности суждений лица, принимающего решение, с помощью матриц парных сравнений. В результате работы с матрицами рассчитываются относительные степени взаимодействия элементов в иерархии и выбирается наилучшая с точки зрения цели альтернатива.

Следует отметить, что МАИ обладает двумя существенными недостатками:

1. При изменении количества альтернатив необходимым является новое построение всех матриц для уровня альтернатив. К сожалению, при этом невозможно использовать ранее полученную информацию, что, в свою очередь, приводит к полному перерасчету всех критериев для выбора альтернативы. В случае необходимости работать с большой и быстро изменяющейся совокупностью альтернатив (анализ поступающих ofert в крупной торговой фирме) этот недостаток становится критическим.

2. Первоначальная информация об альтернативах независимо от того, качественного или количественного характера она была, при построении матриц парных сравнений преобразовывается в качественную, выражающую сравнительную оценку одной альтернативы относительно другой. Неизбежная потеря количественной информации в этом случае может негативно сказаться на принятии управленческого решения и привести к выбору неэффективного или даже недопустимого варианта решения.

Предложенная в работе методика многокритериальной иерархической оценки качества позволяет избавиться от недостатков МАИ и учитывать субъективную информацию, которая может быть получена от лиц, принимающих решения.

Во второй главе "Разработка базовой методика многокритериальной оценки в условиях неопределенности" предложена методика оценки качества в условиях многокритериальности и неопределенности.

При разработке методика широко использованы элементы теории нечетких множеств, которые позволяют формализовать неопределенности невероятной природы, разрешены проблемы разнокачественности, антагонистичности и неравноценности критериев качества.

Методика включает следующие этапы:

- формализация частных критериев качества;
- определение коэффициентов относительной значимости критериев;
- формирование обобщенных критериев качества.

При проведении оценки качества какого-либо объекта всегда можно выделить факторы первого уровня, оказывающие влияние на качество, и второго

уровня, влияющие на факторы первого уровня. Таким образом, любой объект представляется в виде сложной иерархии, в которую могут входить факторы, имеющие количественную (цена, размер, вес и т.д.) и качественную (опыт, удобство, дизайн и т.д.) природу.

При рассмотрении задач оценки качества в технологических и экономических системах широко используются причинно-следственные диаграммы, которые являются удобным инструментом для определения первостепенных и вспомогательных факторов, упорядочивания и структурирования задач.

Вместе с тем при работе с причинно-следственными диаграммами из поля зрения лиц, принимающих решения, выпадает большое число количественных и качественных значений факторов, степень желательности этих значений для обеспечения высокого качества, а также не учитывается неравнозначность частных критериев качества при формировании обобщенного показателя качества. Кроме того, для специалиста, оценивающего эффективность мероприятий по повышению качества, предпочтительно получать количественные значения обобщенного показателя качества.

Для того чтобы при проведении оценки сохранить весь объем информации об объекте, необходимо формализовать факторы, имеющие различную природу, и привести их к общей базе. Эта задача успешно решается с помощью функций принадлежности (желательности). Они безразмерны, их значения меняются в диапазоне от 0 до 1 и показывают предпочтительность (желательность) одних значений показателя качества перед другими.

Рассмотрим некий количественный показатель качества P . Пусть P_2 — лучшее значение показателя P , а P_1 — соответствующее худшее значение. Будем полагать все значения P выше P_2 — максимально желательными, все значения P ниже P_1 — недопустимыми. Общий вид функции желательности представлен на рис. 1.

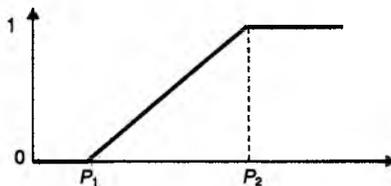


Рис. 1. Функция желательности

Линейный характер изменения функций желательности не является догмой и употребляется чаще всего в тех случаях, когда о различных значениях показателей качества можно лишь сказать, что одно из них предпочтительнее.

Функции желательности строятся в виде нечетких или четких интервалов.

Формализация показателей, задаваемых на качественном уровне, также может быть проведена с помощью функций желательности. При этом удобно пользоваться лингвистическими оценками степени выраженности или степени

желательности показателя, например, "плохое значение показателя", "удовлетворительное", "хорошее" и т.д.

В итоге все качественные и количественные показатели представляются в единой безразмерной шкале функций желательности.

Каждый из факторов влияет на качество объекта в определенной степени. Для определения степени влияния необходимо провести ранжирование критериев. Существенные методические проблемы возникают при ранжировании большого количества критериев и ограничений путем анализа мнений экспертов. Человек во многих случаях не способен оценить численное значение того или иного параметра или признака (в нашем случае — коэффициента относительной важности, ранга критерия) с удовлетворительной, стабильно малой погрешностью (что опять же связано с чрезмерной детальностью шкалы). Вместе с тем, при сравнении двух альтернатив он обычно способен адекватно определить, у какой из них рассматриваемый признак (важность) выражен сильнее, а в ряде случаев, и грубо оценить (вербально), на сколько велика разница между наблюдаемыми у двух альтернатив значениями.

Таким образом, методика ранжировки критериев и ограничений должна обеспечить получение количественных значений коэффициентов относительной значимости на основе их попарного сравнения, выраженного в вербальной форме.

Для оценки коэффициентов относительной важности предложено использовать описанную выше методику Т. Саати.

Пусть $\alpha_i > 0$, $i = 1, \dots, n$ — абсолютные ранги критериев. Рассмотрим матрицу относительных рангов $A = \{\alpha_i / \alpha_j\}$. Умножив A на вектор искомых рангов $\vec{W} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, получим $A\vec{W} = n\vec{W}$. Таким образом, если известна матрица A , то нахождение \vec{W} сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений. Однако на практике элементы матрицы, представляя собой попарные значения относительной важности критериев, задаются на основе субъективных предпочтений, т.е. весьма неточны. Поэтому Т. Саати предлагает получить решение из уравнения вида $A\vec{W} = \lambda_{\max}\vec{W}$, где λ_{\max} — максимальное собственное значение матрицы A [4]. В настоящее время А.Сху доказано, что задачу определения вектора \vec{W} можно свести к проблеме минимизации функционала

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (A_{ij}\alpha_j - \alpha_i)^2 \rightarrow \min$$

при ограничении

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = n.$$

Для задания элементов матрицы парных сравнений предложено связать лингвистические оценки попарной важности критериев с натуральным числовым рядом. Число градаций не превышает 9. В силу особенностей человеческого мышления аналогичная картина наблюдается и в языках других народов.

Процесс построения матрицы парных сравнений рассмотрим на примере. Пусть имеются три критерия X , Y и Z , причем по оценкам эксперта X почти эквивалентен Y , чему соответствует число 3 на шкале лингвистических оценок; Y несколько предпочтительнее Z (число 5); X строго предпочтительнее Z (число 9). Результирующая матрица парных сравнений представлена в табл. 1.

Таблица 1

Матрица парных сравнений

	X	Y	Z
X	1	3	9
Y	1/3	1	5
Z	1/9	1/5	1

Поскольку у специалистов существуют разные мнения об относительной значимости оцениваемых критериев, целесообразно использовать взвешенные оценки на основе данных, полученных от группы квалифицированных экспертов и обработанных, например, с помощью известного метода Delfi. Возникающие при этом проблемы обработки данных опроса экспертов целесообразно решать, используя синтез методов теории нечетких множеств и традиционных методов математической статистики.

После того как была проведена формализация всех критериев с помощью функций желательности и найдены коэффициенты относительной важности критериев, можно формировать обобщенный критерий качества.

Пусть $\mu_1(x_1)$, $\mu_2(x_2)$, ... $\mu_n(x_n)$ — функции желательности частных критериев; $\{x_i\}$, $i = 1, \dots, n$ — количественные и качественные показатели качества; a_1, \dots, a_n — коэффициенты относительной важности критериев (ранги).

Наиболее часто используются следующие варианты построения свертки неравнозначимых частных критериев в обобщенный показатель:

$$DD_1 = \min\{\mu_1(x_1)^{a_1}, \mu_2(x_2)^{a_2}, \dots, \mu_n(x_n)^{a_n}\}$$

$$DD_2 = \sum_{i=1}^n a_i \mu_i(x_i);$$

$$DD_3 = \prod_{i=1}^n \mu_i(x_i)^{a_i};$$

$$DD_4 = \min(a_1 \mu_1(x_1), a_2 \mu_2(x_2), \dots, a_n \mu_n(x_n)).$$

Варианты DD_2 и DD_3 обладают свойством компенсации малых значений одних критериев за счет других, что не всегда желательно [5]. Варианты DD_1 и DD_4 такого недостатка не имеют, но приводят к очень жесткой оценке ситуации, в связи с чем их иногда называют критериями максимального пессимизма. Существуют также и другие мнения о сравнительной эффективности приведенных способов формирования обобщенного показателя.

В результате на основе количественных частных критериев и экспертных оценок для анализируемого объекта получаем интегральную количественную оценку, изменяющуюся в силу техники ее построения от 0 (для неудовлетворительного качества) до 1 (в идеальном случае).

На первом этапе работы проводится первичный статистический анализ данных с использованием как параметрической, так и непараметрической статистики, выявление зависимостей между факторами, построение этих зависимостей методами множественной линейной и адаптивной нелинейной регрессий.

На этапе построения функций желательности частных критериев и их ранжировки обычно используется метод Delfi для обработки экспертных оценок.

Конкретное сочетание методов двух этапов работы определяется характером решаемой задачи.

Предложенная в настоящей работе методика опирается на количественную формулировку критериев качества с помощью функций желательности значений показателей качества. При этом не только обеспечивается полное использование при оценках исходной количественной информации, но и расширяется информативность постановки задачи за счет рассмотрения степени желательности количественных или качественных значений используемых показателей.

Рассмотренный пример оценки качества контрактов позволяет сделать вывод, что при включении в анализ новых альтернатив МАИ требует соответствующего увеличения размерности всех матриц парных сравнений нижнего уровня и внесения в них кардинальных изменений. Процесс внесения этих изменений не может быть автоматизированным, что делает необходимым заполнение матриц парных сравнений поэлементно вручную при появлении каждой новой альтернативы. На практике во многих случаях отмеченный недостаток МАИ становится критическим.

В рамках разработанной методики появление новой альтернативы (рассмотрение еще одного контракта) не требует изменения матриц парных сравнений и оценок уже проанализированных альтернатив, а лишь расчета обобщенного критерия качества вновь введенной альтернативы.

Наконец, методика позволяет оперировать с нечеткими матрицами парных сравнений и функциями желательности, что значительно расширяет возможности адекватного учета различной природы неопределенностей.

В третьей главе "Многокритериальная оценка качества сложных объектов на различных стадиях производственного процесса" разработаны методики, позволяющие оценить качество проектных предложений, производимой продукции и заключаемых контрактов.

Оценка качества проектов проводилась на примере проектирования систем электропривода.

В ходе проектирования систем электропривода производится обработка более или менее полно заданных исходных данных, необходимых для решения задачи. Качество результатов проектирования в значительной степени зависит от субъективных факторов: опыта и квалификации. Однако в процесс проектирования можно внедрить автоматизированные системы, которые позволят снизить влияние субъективных факторов.

Процесс проектирования делится на следующие этапы:

- анализ входной информации и постановка задачи;
- выбор одного или нескольких подходящих вариантов из большого числа допустимых решений с учетом самых важных требований;
- грубый расчет параметров для выбранных вариантов, оценка их качества с целью выбора наилучшего решения;
- точный расчет и оптимизация выбранного варианта;
- разработка технической документации.

Из анализа вышеперечисленных этапов видно, что в процессе проектирования проводится многократная оценка отдельных вариантов и сравнение их друг с другом и с вариантом, удовлетворяющим поставленным требованиям, с целью выбора наилучшего решения. В первую очередь учитываются технические, технологические, экономические характеристики рассматриваемых вариантов, а также экологичность и эргономичность разработки.

При проведении оценки качества проектирования можно выделить следующие группы требований: обязательные, минимальные и пожелания (не обязательные, но желательные).

К обязательным требованиям могут быть отнесены, например, параметры питающей сети, плавность регулирования частоты вращения, конструктивное исполнение, способ защиты, габаритные размеры машин и силовых преобразователей, совместимость с другими устройствами.

Минимальные требования, невыполнение которых недопустимо, включают требования к диапазону регулирования частоты вращения, точности регулирования, КПД, средней нагрузке на отказ, степени устранения радиопомех, уровню шума и др.

Выполнение пожеланий в некоторой степени повышает качество проектируемой системы привода в отношении внешнего оформления, удобства обслуживания и комфорта в эксплуатации.

Качественная оценка регулируемого электропривода переменного тока с использованием частотного преобразователя типа АТ01-75 была проведена с помощью разработанной методики, и были получены следующие результаты: значения критерия максимального пессимизма и мультипликативного критерия составили 0,42, аддитивного — 0,78, что говорит о неполном соответствии данного типа привода поставленным требованиям.

Оценка качества продукции проводилась на примере трубоэлектросварочного цеха ОАО "Могилевский металлургический завод". В результате "мозговой атаки" по проблемам качества с участием специалистов завода были выделены следующие факторы, определяющие качество труб: сырье, оснастка, процесс сварки, оборудование, персонал. Как видно из рис. 2, каждый из этих факторов в свою очередь определяется совокупностью измеряемых (разнотолщинность) или качественно задаваемых (опыт) параметров.

Результаты оценки качества продукции приведены в табл. 2. Каждый фактор первого уровня получил количественную оценку. Наихудшим по качеству является персонал. Остальные факторы получили высокую оценку.

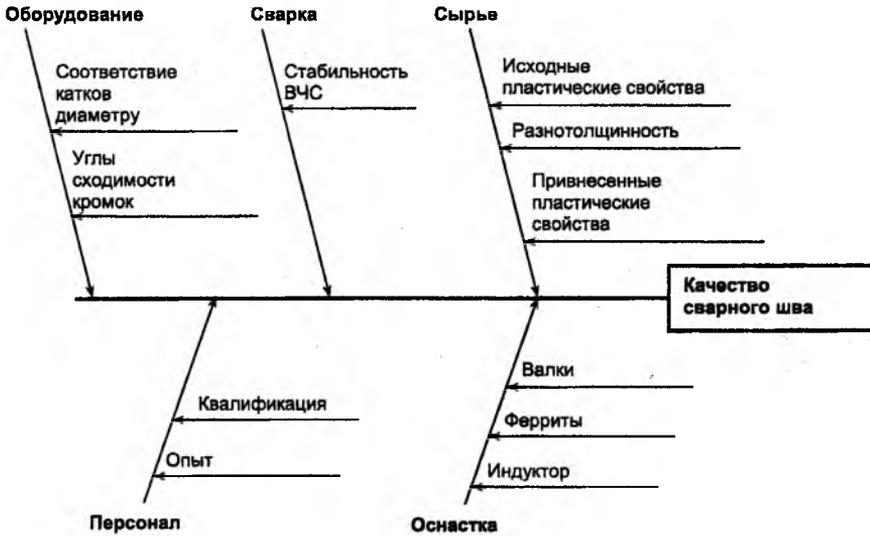


Рис. 2. Причинно-следственная диаграмма формирования качества сварного шва

Таблица 2

Количественные оценки факторов первого уровня

Факторы первого уровня	DD_1	DD_2	DD_3
Сырье	0,85	0,96	0,85
Оснастка	0,95	0,98	0,95
Сварка	0,89	0,91	0,89
Оборудование	0,86	0,88	0,87
Персонал	0,36	0,63	0,36

В табл. 3 представлены обобщенные оценки качества сварного шва, сформированные на основании факторов первого уровня по трем описанным выше способам свертки. Качество продукции является высоким, что подтверждается оценками.

Таблица 3

Значения обобщенного показателя качества

Тип свертки частных критериев	Значение обобщенного критерия
DD_1	0,898
DD_2	0,906
DD_3	0,897

При оценке качества контрактов использовались данные ОАО "Могилевский металлургический завод" о сбыте продукции. Для определения первостепенных и второстепенных факторов работниками коммерческого отдела была проведена "мозговая атака". В качестве существенных факторов были выделены:

- сумма договора;
- условия поставки;
- условия платежа;
- качество товара;
- санкции.

Для каждого первостепенного фактора были выделены факторы второго порядка:

- для суммы договора — объем поставки и цена;
- условий поставки — базисные условия поставки и цена;
- условий платежа — способ, валюта и сроки платежа;
- качества товара — качество и цена;
- санкций — сроки наступления санкций и проценты.

Для оценки качества были выбраны два варианта контракта. Результаты расчетов частных критериев качества для факторов первого уровня (основные разделы контракта) приведены в табл. 4.

Таблица 4

Частные критерии качества для двух вариантов коммерческого контракта

Фактор	Критерий максимального пессимизма		Мультипликативный критерий		Аддитивный критерий	
	Контракт 1	Контракт 2	Контракт 1	Контракт 2	Контракт 1	Контракт 2
Сумма договора	0,93	0,00	0,93	0,00	0,97	0,83
Качество товара	0,55	0,35	0,55	0,34	0,83	0,60
Санкции	0,35	0,65	0,29	0,53	0,54	0,73
Условия поставки	0,35	0,16	0,27	0,15	0,53	0,43
Условия платежа	0,64	0,53	0,50	0,31	0,80	0,70

Значения глобального показателя, сформированного по трем основным принципам свертки, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Значения глобальных критериев качества

Критерий	Значение	
	Контракт 1	Контракт 2
Глобального пессимизма	0,310	0
Мультипликативный	0,561	0
Аддитивный	0,593	0,372

В целом качество контрактов не очень высокое. Таким образом, первый вариант лучше, чем второй (глобальные критерии, полученные по разным способам, выше в первом случае).

Среди факторов первого уровня критерии с большой значимостью, т.е. оказывающие на качество контракта наиболее существенное влияние, обладают невысоким качеством. Это такие разделы, как "Условия поставки" (показатель относительной важности — 1,1) и "Условия платежа" (показатель относительной важности — 2,6). Их критерии качества равны 0,35 и 0,64 — для первого варианта и 0,16 и 0,53 — для второго варианта контракта.

Кроме того, второй вариант контракта содержит неприемлемо низкую для предприятия цену. Применение сверток по принципу глобального пессимизма и мультипликативному принципу дает этому варианту оценку 0 (недопустимо низкое качество), аддитивный критерий усредняет это значение за счет более высоких значений других факторов и дает оценку 0,372.

Низким качеством наиболее значимых разделов объясняется и невысокое качество всего заключаемого контракта в целом (0,31 и 0 при идеальном значении — 1).

Для сравнения эффективности различных методик проведем оценку этих же вариантов контракта по методу Саати. В табл. 6 приведены результаты расчетов вектора приоритетов для факторов первого уровня иерархии (разделы контракта).

Таблица 6

Оценки качества основных разделов контракта по МАИ

Раздел контракта	Контракт 1	Контракт 2
Сумма договора	0,56	0,44
Качество товара	0,64	0,36
Санкции	0,56	0,44
Условия поставки	0,50	0,50
Условия платежа	0,58	0,42

Затем согласно МАИ проведена свертка этих оценок для перехода на следующий уровень иерархии и получена оценка двух вариантов контракта. Первый вариант получил оценку 0,53, второй — 0,47. Разница между значениями оценок невелика, и эксперт может выбрать второй вариант как допустимый, хотя на самом деле одно из условий этого варианта контракта (цена единицы) принимает недопустимое значение и его выбирать не следует.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан базовый метод многокритериальной оценки качества сложных иерархических объектов, использующий элементы теории нечетких множеств и модифицированный метод анализа иерархий Т. Саати [6, 11, 16]. Метод отличается от известных на данный момент методик оценки качества сложных иерархических объектов тем, что дает возможность эффективно обрабатывать большие объемы разнокачественной, противоречивой и нечеткой информации, позволяя тем самым принимать адекватные управленческие решения в сфере обеспечения качества. Важными преимуществами разработанного метода являются: гибкость и универсальность, возможность работы с неограниченным числом факторов и уровней иерархии оцениваемого объекта, учет качественной вербальной информации, получаемой от экспертов, получение интерпретируемой количественной оценки качества объекта, что облегчает сравнение нескольких вариантов и выбор оптимального варианта.

2. На основе базового метода многокритериальной оценки качества сложных объектов разработана методика многокритериальной оценки качества проектных предложений [12]. Выработана система показателей оценки качества проектирования, которая учитывает основные группы требований, предъявляемых к проекту. Разработанная методика позволяет сравнивать варианты проектов с целью выбора оптимального варианта.

3. На основе базового метода многокритериальной оценки качества сложных объектов разработана методика многокритериальной оценки качества продукции [1, 2, 4, 8, 9, 10, 15]. Составлена система показателей, которая охватывает основные производственные факторы, влияющие на качество выпускаемой продукции. Разработанная методика дает возможность анализировать сочетания производственных факторов, определяет наиболее весомые факторы, управление которыми быстрее всего приведет к повышению качества выпускаемой продукции.

4. На основе базового метода многокритериальной оценки качества сложных объектов разработана методика многокритериальной оценки качества коммерческих контрактов [3, 5, 7, 13, 14]. Выработана система показателей качества контрактов, которая при формировании обобщенной оценки учитывает основные разделы контракта. Разработанная методика позволяет проанализировать варианты контрактов, выбрать наиболее выгодные альтернативы, определить, какие изменения разделов контракта приведут к повышению его качества в целом.

5. Разработанные метод и методики многокритериальной оценки качества сложных объектов были реализованы в виде прикладного программного обеспечения и применены для оценки конкретных проектов, продукции и контрактов [1, 2, 8, 11, 12].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Дымова Л.Г., Жесткова Е.С., Севастьянов П.В. Методика многокритериальной оценки качества продукции // *Машиностроитель*. — 1999. — № 11. — С. 40—43.
2. Жесткова Е.С. Оценка качества продукции по методике многокритериального анализа // *Вестн. МДУ імя А.А. Куляшова*. — 2000. — № 2—3(96). — С. 83—88.
3. Dimova L., Sevastianov P., Zhestkova E. Multiobjective Evaluation of the Contract's Quality on the Base of the Fuzzy Sets Theory // VII Polish-Czech Mathematical School. Czestochowa 5—8 June 2000. — Crestochowa, 2000. — P. 8.
4. Севастьянов П.В., Дымова Л.Г., Жесткова Е.С. Применение методов теории нечетких множеств в задачах управления качеством продукции // *Региональное сотрудничество: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Гродно, 25—26 мая. 2000 г. / Гроднен. гос. ун-т им. Я. Купалы*. — Гродно, 2000. — С. 162—165.
5. Жесткова Е.С. Экспертная система по оценке качества контрактов // *Тез. докл. 36-й студ. науч.-техн. конф. Могилев, 22—26 мая. 2000 г. / Могилев. гос. техн. ун-т*. — Могилев, 2000. — С. 29.
6. Дымова Л.Г., Севастьянов П.В., Жесткова Е.С. Методика многокритериальной оценки качества и реализующее ее программное обеспечение // *Тр. IV Междунар. конф. NITe'2000. Минск, 5—7 дек. 2000 г. / БГЭУ*. — Минск, 2000. — С. 50—54.
7. Дымова Л.Г., Жесткова Е.С., Севастьянов П.В. Оценка качества контракта // *Риск*. — 2001. — № 1. — С. 60—65.
8. Севастьянов П.В., Жесткова Е.С. Оценка качества сварных труб на основе многокритериального подхода // *Теоретические и технологические основы упрочения и восстановления изделий машиностроения: Сб. науч. тр. / Полоцк. гос. ун-т*. — Новополоцк, 2001. — С. 522—528.
9. Жесткова Е.С. Программная система многокритериальной оценки качества продукции // *Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы Респ. науч. конф. Гомель, 19—22 марта. 2001 г. / Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины*. — Гомель, 2001. — С. 154—155.
10. Жесткова Е.С. Решение задач управления качеством продукции с помощью метода многокритериальной оценки // *Конференция вузов приграничных регионов славянских государств. Брянск, 23—24 окт. 2001 г. / Брянск. гос. техн. ун-т*. — Брянск, 2001. — С. 140—141.
11. Dimova L.G., Zhestkova E.S. A Quality Evaluation Method for Technological and Economic Systems Involving Nonstatistical Uncertainty // *Тр. VII Междунар. конф. ICINASTe'2001. Минск, 2—4 окт. 2001 г. / БГЭУ*. — Минск, 2001. — С. 183—188.
12. Жесткова Е.С. Программная система многокритериальной оценки качества проектирования систем электропривода // *Перспективные технологии, материалы и системы: Сб. науч. тр. / Могилев. гос. техн. ун-т*. — Могилев, 2001. — С. 150—155.

13. Жесткова Е.С. Применение метода многокритериальной оценки качества при решении задачи выбора оптимального контракта на поставку продукции // Создание и применение высокоэффективных наукоемких ресурсосберегающих технологий, машин и комплексов: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. Могилев, 25—26 окт. 2001 г. / Могилев. гос. техн. ун-т. — Могилев, 2001. — С. 496—497.

14. Жесткова Е.С. Компьютерная экспертная система многокритериальной оценки контрактов // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы Респ. науч. конф. Гомель, 18—20 марта 2002 г. / Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. — Гомель, 2002. — С. 269—270.

15. Жесткова Е.С. Использование программной системы многокритериальной оценки при решении задач управления качеством продукции // Современные технологии, машины и оборудование: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. Могилев, 16—18 мая 2002 г. / Могилев. гос. техн. ун-т. — Могилев, 2002. — С. 52—53.

16. Жесткова Е.С. Методика и программное обеспечение нечеткой оценки качества на всех стадиях производства // Проблемы социально-экономического развития Республики Беларусь: пути их решения: Материалы Респ. науч.-практ. конф. Могилев, 24—25 окт. 2002 г. / Могилев. гос. техн. ун-т. — Могилев, 2002. — С. 259—261.



Жэсткова Алена Сяргеёўна

Інструментальны метада шматкрытэрыяльнай ацэнкі якасці аб'ектаў на розных стадыях вытворчага працэсу

Ключавыя словы: якасць, функцыя пажаданасці, матрыца парных параўнанняў, ранг, крытэрыі якасці, праектная прапанова, прадукцыя, камерцыйны кантракт, ацэнка якасці, кіраванне якасцю, методыка.

Аб'ектам даследавання абрана якасць складаных аб'ектаў на розных стадыях вытворчага працэсу.

Прадметам даследавання з'яўляюцца:

а) ацэнка якасці складаных аб'ектаў на розных стадыях вытворчага працэсу на аснове шматкрытэрыяльнага падыходу ва ўмовах нявызначанасці;

б) спосаб уліку шматкрытэрыяльнасці і нявызначанасці параметраў, якія характэрныя для якасць аб'ектаў.

Мэтай даследавання з'яўляецца распрацоўка метаду шматкрытэрыяльнай ацэнкі якасці складаных аб'ектаў на розных стадыях вытворчага працэсу.

Асноўныя метады даследавання: тэорыя невыразных мностваў, метада аналізу іерархій Т. Сааці.

Навуковая навізна вынікаў: распрацоўка базавага метаду шматкрытэрыяльнай ацэнкі якасці ва ўмовах нявызначанасці нестатыстычнай прыроды, які дазваляе ўлічваць разнастайныя фактары, якія ўплываюць на якасць аб'екта; распрацоўка сістэмы паказальнікаў ацэнкі якасці праектных рашэнняў, якая ўлічвае разнастайныя патрабаванні да праектуемай прадукцыі, і метадыкі шматкрытэрыяльнай ацэнкі якасці праектных рашэнняў; распрацоўка сістэмы паказальнікаў ацэнкі якасці прадукцыі, якая апісвае розныя аспекты вытворчага працэсу, і метадыкі шматкрытэрыяльнай ацэнкі якасці прадукцыі; распрацоўка сістэмы паказальнікаў ацэнкі якасці камерцыйных кантрактаў, якая дазваляе разглядаць розныя раздзелы і ўмовы кантракта, і метадыкі шматкрытэрыяльнай ацэнкі якасці камерцыйных кантрактаў. Распрацаваны базавы метада вырашае праблему супярэчлівасці, неаднолькавага ўплыву і разнастайнасці крытэрыяў якасці шляхам уяўлення абагульняючага колькаснага паказальніка якасці. Важнай перавагай метаду з'яўляецца яго гібкасць і ўніверсальнасць, магчымасць адекватнай апрацоўкі і ўліку выражаных вербальна меркаванняў экспертаў.

Галіна прымянення: вынікі даследаванняў, рэкамендацыі па прымяненню распрацаваных у дысертацыі метадык могуць выкарыстоўвацца прадпрыемствамі Рэспублікі Беларусь для ацэнкі якасці праектных рашэнняў, прадукцыі, кантрактаў з мэтай выбару найлепшага варыянта з мноства магчымых, што дазволіць павысіць эфектыўнасць гаспадарчай дзейнасці прадпрыемства.

РЕЗЮМЕ

Жесткова Елена Сергеевна

Инструментальный метод многокритериальной оценки качества объектов на различных стадиях производственного процесса

Ключевые слова: качество, функция желательности, матрица парных сравнений, ранг, критерий качества, проектное предложение, продукция, коммерческий контракт, оценка качества, управление качеством, методика.

Объектом исследования избрано качество сложных объектов на различных стадиях производственного процесса.

Предметом исследования являются:

а) оценка качества сложных объектов на различных этапах производственного процесса на основе многокритериального подхода в условиях неопределенности;

б) способы учета многокритериальности и неопределенности параметров, характеризующих качество объектов.

Целью исследования является разработка инструментального метода многокритериальной оценки качества объектов на различных стадиях производственного процесса.

Основные методы исследования: теория нечетких множеств, метод анализа иерархий Т. Саати.

Научная новизна результатов: разработка базового метода многокритериальной оценки качества в условиях неопределенности нестатистической природы, который позволяет учитывать разнообразные факторы, влияющие на качество объекта; разработка системы показателей оценки качества проектных решений, учитывающей разнообразные требования к проектируемой продукции, и методики многокритериальной оценки качества проектных решений; разработка системы показателей оценки качества продукции, описывающей различные аспекты производственного процесса, и методики многокритериальной оценки качества продукции; разработка системы показателей оценки качества коммерческих контрактов, позволяющей рассматривать различные разделы и условия контракта, и методики многокритериальной оценки качества коммерческих контрактов. Разработанный базовый метод разрешает проблему противоречивости, неравноценности и разнообразия критериев качества путем введения обобщенного количественного показателя качества. Важным преимуществом метода является его гибкость и универсальность, возможность адекватной обработки и учета выраженных вербально мнений экспертов.

Область применения: результаты исследований, рекомендации по применению разработанных в диссертации методик могут быть использованы предприятиями Республики Беларусь для оценки качества проектных решений, продукции, контрактов с целью выбора наилучшего варианта из множества возможных, что позволит повысить эффективность хозяйственной деятельности предприятия.

SUMMARY

Elena S. Zhestkova

**Instrumental Method of Multicriteria Quality Evaluation of Objects
on Different Stages of Production Process**

Key words: quality, function of preference, matrix of pair comparisons, rank, quality criterion, project offer, product, commercial contract, quality evaluation, quality management, technique.

Object of research is quality of complex objects on different stages of production.

Subject of research is:

a) quality evaluation of complex objects on different stages of production on the basis of multicriteria approach involving uncertainty;

b) methods of taking into account the multicriteriality and uncertainty of the parameters characterising the quality of objects.

Goal of research is working out the method of multicriteria quality evaluation of complex objects on different stages of production.

Basic methods of the research: fuzzy sets theory, method of hierarchy analysis of T. Saaty.

Scientific novelty of research findings: working out a basic method of multicriteria quality evaluation involving uncertainty of nonstatistic nature, which gives possibility to take into account various factors influencing the quality of the object; development of the system of criteria for quality evaluation of project offers taking into account various demands to the future products and multicriteria quality evaluation technique for project offers; working out a system of criteria for quality evaluation of the product describing different aspects of the production process and the technique of multicriteria quality evaluation for the product; developing a system of criteria for quality evaluation of commercial contracts giving a possibility to consider various parts and terms of a contract and the technique of multicriteria quality evaluation for commercial contracts. The new basic method solves the problem of contradiction, unequal importance and different nature of quality criteria by using a general quantitative quality criterion. An important advantage of the method is its flexibility and universality, possibility of adequate processing and consideration of verbal expert opinions.

Field of application: the results of the research, recommendations for application of the technique designed could be used by the enterprises of the Republic of Belarus for quality evaluation of projects, products, contracts in order to choose from the several possible variants the best one which finally will give an opportunity to improve the efficiency of economic activity of enterprise.

Редактор *Т.В. Бурая*
Технический редактор *О.В. Амбарцумова*
Компьютерный дизайн *Т.В. Бесчетнова*

Подписано в печать 09.12.2004. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Офсетная печать. Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,1. Тираж 100 экз. Заказ 423

УО "Белорусский государственный экономический университет".
Лицензия издательская № 02330/0056968 от 30.04.2004.
220070, Минск, просп. Партизанский, 26.

Отпечатано в УО "Белорусский государственный экономический университет".
Лицензия полиграфическая № 02330/0148750 от 30.04.2004.
220070, Минск, просп. Партизанский, 26.